

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Akira Ishibashi et al. **Attorney Docket No.** 075834.00432

Serial No.: Herewith

Filed: Herewith

Invention: "OPTICAL WAVEGUIDE, OPTICAL WAVEGUIDE APPARATUS, OPTOMECHANICAL APPARATUS, DETECTING APPARATUS, INFORMATION PROCESSING APPARATUS, INPUT APPARATUS, KEY-INPUT APPARATUS, AND FIBER STRUCTURE"

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

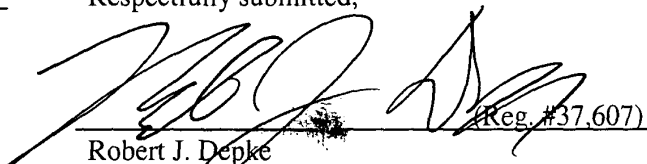
Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

S I R:

Applicant hereby submits a certified copy of Japanese Patent Application Number JP2002-233197 filed August 9, 2002 and hereby claims priority in the attached United States patent application under the provisions of 35 USC §119. Applicant request that the claim for priority to this previously filed patent application be made of record in this application.

Date: 8/6/03

Respectfully submitted,


(Reg. #37,607)

Robert J. Depke
HOLLAND & KNIGHT LLC
131 South Dearborn Street, 30th Floor
Chicago, Illinois 60603
Tel: (312) 422-9050
Attorney for Applicants

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-233197

[ST.10/C]:

[JP2002-233197]

出 願 人

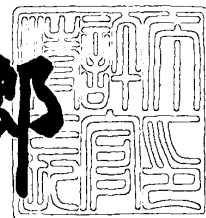
Applicant(s):

ソニー株式会社

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3039640

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290134808

【提出日】 平成14年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 C09K 11/64
C09K 11/08

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 石橋 晃

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 鈴木 真之

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

【識別番号】 100082762

【弁理士】

【氏名又は名称】 杉浦 正知

【電話番号】 03-3980-0339

【選任した代理人】

【識別番号】 100120640

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 幸一

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043812

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0201252

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路、光導波路装置、機械光学装置、検出装置、情報処理装置、入力装置、キー入力装置および繊維構造体

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも一部に応力発光材料を有し、この応力発光材料から発する光がその中を導波されるように構成されたことを特徴とする光導波路。

【請求項2】 上記光導波路の側面に上記応力発光材料を有することを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項3】 上記光導波路は光ファイバーであり、そのクラッド中に上記応力発光材料を有することを特徴とする請求項1記載の光導波路。

【請求項4】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第1の光導波路および第2の光導波路を少なくとも有することを特徴とする光導波路装置。

【請求項5】 上記第1の光導波路および上記第2の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されていることを特徴とする請求項4記載の光導波路装置。

【請求項6】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第1の光導波路および第2の光導波路を少なくとも有することを特徴とする機械光学装置。

【請求項7】 上記第1の光導波路および上記第2の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されていることを特徴とする請求項6記載の機械光学装置。

【請求項8】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第1の光導波路および第2の光導波路を少なくとも有することを特徴とする検出装置。

【請求項9】 上記第1の光導波路および上記第2の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されている

ことを特徴とする請求項 8 記載の検出装置。

【請求項 1 0】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも有する

ことを特徴とする情報処理装置。

【請求項 1 1】 上記第 1 の光導波路および上記第 2 の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されている

ことを特徴とする請求項 1 0 記載の情報処理装置。

【請求項 1 2】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも有する

ことを特徴とする入力装置。

【請求項 1 3】 上記第 1 の光導波路および上記第 2 の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されている

ことを特徴とする請求項 1 2 記載の入力装置。

【請求項 1 4】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む複数の第 1 の光導波路および複数の第 2 の光導波路を有する

ことを特徴とするキー入力装置。

【請求項 1 5】 上記複数の第 1 の光導波路の一つの端面および上記複数の第 2 の光導波路の一つの端面に受光素子が接続されている

ことを特徴とする請求項 1 4 記載のキー入力装置。

【請求項 1 6】 互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも一部に有する

ことを特徴とする繊維構造体。

【請求項 1 7】 上記第 1 の光導波路および上記第 2 の光導波路の少なくとも一つの端面に受光素子が接続されている

ことを特徴とする請求項 1 6 記載の繊維構造体。

【請求項 1 8】 上記応力発光材料は応力の時間変化率に依存して発光することを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 1 9】 上記応力発光材料は応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 0】 上記応力発光材料は外力の印加または解放の速度に依存して発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 1】 上記応力発光材料は外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 2】 上記応力発光材料は応力の時間変化率に依存して発光することを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 3】 上記応力発光材料は応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 4】 上記応力発光材料は外力の印加または解放の速度に依存して発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 5】 上記応力発光材料は外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 6】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、応力の時間変化率に依存して発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 7】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 8】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、外力の印加または解放の速度に依存して発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 2 9】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 0】 上記応力発光材料は手で触るだけで発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 1】 上記応力発光材料は手で触るだけで発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 2】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、手で触るだけで発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 3】 上記応力発光材料は弾性振動を起こさせることにより発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 4】 上記応力発光材料は弾性振動を起こさせることにより発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 5】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、弾性振動を起こさせることにより発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 6】 上記応力発光材料は音波を当てることにより発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 7】 上記応力発光材料は音波を当てることにより発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 8】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、音波を当てることにより発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3 9】 上記応力発光材料は超音波を当てることにより発光する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 4 0】 上記応力発光材料は超音波を当てることにより発光する複

合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 4 1】 上記応力発光材料は蛍光性物質と他の物質とからなり、超音波を当てることにより発光する複合材料である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 4 2】 上記他の物質が弾性体である

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 4 3】 上記蛍光性物質の重量比率が 3 0 % 以上 1 0 0 % 未満である

ことを特徴とする請求項 4 2 記載の光導波路。

【請求項 4 4】 上記弾性体が有機材料である

ことを特徴とする請求項 4 2 記載の光導波路。

【請求項 4 5】 上記弾性体のヤング率が 1 0 M P a 以上である

ことを特徴とする請求項 4 2 記載の光導波路。

【請求項 4 6】 上記弾性体が、ポリメチルメタクリレート、A B S 樹脂、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアセタール、ウレタン樹脂、ポリエステル、エポキシ樹脂、シリコーンゴム、シロキサン結合を有する有機シリコン化合物および有機圧電材料からなる群より選ばれた少なくとも 1 種以上の材料で構成されている

ことを特徴とする請求項 4 2 記載の光導波路。

【請求項 4 7】 上記弾性体が無機ガラスである

ことを特徴とする請求項 4 2 記載の光導波路。

【請求項 4 8】 上記応力発光材料が、アルミニウム、ガリウムまたは亜鉛を構成元素の一つとする酸化物である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 4 9】 上記蛍光性物質が、アルミニウム、ガリウムまたは亜鉛を構成元素の一つとする酸化物である

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4

1 記載の光導波路。

【請求項 5 0】 上記応力発光材料が、アルカリ土類金属およびアルミニウムの酸化物を母体とし、これに希土類元素がドーピングされたものである

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5 1】 上記蛍光性物質が、アルカリ土類金属およびアルミニウムの酸化物を母体とし、これに希土類元素がドーピングされたものである

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 5 2】 上記希土類元素が 1 種類だけドーピングされている

ことを特徴とする請求項 5 0 または 5 1 記載の光導波路。

【請求項 5 3】 上記応力発光材料にマンガンおよび／またはチタンがドーピングされている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5 4】 上記蛍光性物質にマンガンおよび／またはチタンがドーピングされている

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 5 5】 上記応力発光材料が $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5 6】 上記蛍光性物質が $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ であり、上記弾性体がポリエステル、アクリル樹脂またはそれらの混合物である

ことを特徴とする請求項 4 2 または 4 3 記載の光導波路。

【請求項 5 7】 上記応力発光材料は厚さが 1 mm 以下のシート状の形状を有する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5 8】 上記応力発光材料がスポンジ状またはネットワーク状の形状を有する

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 5 9】 上記蛍光性物質がスポンジ状またはネットワーク状の形状

を有する

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 0】 上記応力発光材料の構成元素にアルミニウム、ガリウムまたは亜鉛が含まれている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 6 1】 上記蛍光性物質の構成元素にアルミニウム、ガリウムまたは亜鉛が含まれている

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 2】 上記応力発光材料の構成元素にアルミニウムおよびシリコンが含まれている

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 6 3】 上記蛍光性物質の構成元素にアルミニウムおよびシリコンが含まれている

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 4】 上記応力発光材料が、直径が 1 0 0 n m 以下の微粒子からなる

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 6 5】 上記蛍光性物質が、直径が 1 0 0 n m 以下の微粒子からなる

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 6】 上記応力発光材料が結晶質である

ことを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 6 7】 上記蛍光性物質が結晶質である

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 8】 上記蛍光性物質が結晶質であり、上記弾性体が非晶質である

ことを特徴とする請求項 2 6、2 7、2 8、2 9、3 2、3 5、3 8 または 4 1 記載の光導波路。

【請求項 6 9】 上記応力発光材料が全体としてゲル状であることを特徴とする請求項 1 記載の光導波路。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光導波路、光導波路装置、機械光学装置、検出装置、情報処理装置、入力装置、キー入力装置および繊維構造体に関し、例えば、各種の電子機器に適用して好適なものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、キャッシュディスプレイやコンピュータなどの電子機器への入力に用いられるタッチパネル式の入力装置としては、大きく分けて、アナログ容量結合方式、超音波方式、抵抗膜方式および赤外線方式の四つのものがある。アナログ容量結合方式では、導電性薄膜を蒸着したガラス面に均一な電圧を印加し、指が触れることによる電圧の変化によりその位置を検出する。超音波方式では、表面弾性波を弾性吸収体で遮ることにより位置を検出する。抵抗膜方式では、ガラスなどに形成した導電膜を電極としてその電極面への接触により位置を検出する。赤外線方式では、発光素子から発する赤外線が受光素子に入射するのを途中で遮ることにより位置を検出する。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来のタッチパネル式の入力装置は、フレキシブルさや大面積への適用可能性の点では不十分である。すなわち、従来のタッチパネル式の入力装置は、単なる平面入力、それも極めて狭い範囲を切り出したような、平面パッチ入力装置に過ぎない。また、待機時の消費電力も大きいため、これが大面積へ

の適用の大きな障害となる。

【0004】

したがって、この発明が解決しようとする課題は、フレキシブルで大面積への適用も容易な入力装置およびキー入力装置を提供することにある。

この発明が解決しようとする他の課題は、フレキシブルで大面積への適用も容易な光導波路装置、機械光学装置、検出装置、情報処理装置および繊維構造体を提供することにある。

この発明が解決しようとする更に他の課題は、上記の各種装置に適用して好適な光導波路を提供することにある。

この発明の上記課題および他の課題は本明細書の記述により明らかとなるであろう。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決すべく、鋭意検討を行った。その結果、光ファイバーなどの光導波路に応力発光材料を複合化し、この光導波路をその応力発光材料の部分で交差結合するようにしたものをを用いて入力装置などを構成することが有効であることを見出した。この装置では、光導波路の交差部を指で押すなどして応力発光材料に応力を発生させ、それによってこの応力発光材料から発する光を光導波路内部に導波し、この光を信号として用いることにより、入力や応力の検出などの各種の処理を容易に行うことが可能である。

【0006】

この応力発光材料としては、これまでに見いだされている各種のものをを用いることが可能であるが、人間が手の指先などで軽く触れるだけでも発光が生じることや、圧力印加のオン・オフでの発光量の比をできるだけ大きく取ることなどが望ましい。

【0007】

これらを満足させるためには、例えば、

1. 長残光性を示さない SrAl_2O_4 : Eu 等を用いること
(当然ながら、 SrAl_2O_4 : Eu は応力発光する)

2. 樹脂等との複合化において、充填率を更に高くして30%以上100%未満、好適には30%以上80%以下とし、また薄いシート状とすることが有効である。

【0008】

ところで、後に詳述するが、本発明者は、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ などの物質に力を加えた時に発光が生じる現象について詳細な検討を行った結果、その物質内部の応力が時間的に変化することにより発光を制御することができ、具体的には発光のオン／オフあるいは発光強度の制御が可能であることを見出した。すなわち、発光を起こさせ、あるいは発光強度を変化させるためには、単に応力を生じさせることが重要なのではなく、応力の時間変化率を与えることが特に重要である。

【0009】

この発明は、以上の検討および知見に基づいて更に各種の検討を行った結果、案出されたものである。

すなわち、上記課題を解決するために、この発明の第1の発明は、

少なくとも一部に応力発光材料を有し、この応力発光材料から発する光がその中を導波されるように構成されたことを特徴とする光導波路である。

【0010】

この発明の第2の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第1の光導波路および第2の光導波路を少なくとも有することを特徴とする光導波路装置である。

【0011】

この発明の第3の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第1の光導波路および第2の光導波路を少なくとも有することを特徴とする機械光学装置である。

【0012】

この発明の第 4 の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも有する

ことを特徴とする検出装置である。

【 0 0 1 3 】

この発明の第 5 の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも有する

ことを特徴とする情報処理装置である。

【 0 0 1 4 】

この発明の第 6 の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも有する

ことを特徴とする入力装置である。

【 0 0 1 5 】

この発明の第 7 の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む複数の第 1 の光導波路および複数の第 2 の光導波路を有する

ことを特徴とするキー入力装置である。

【 0 0 1 6 】

この発明の第 8 の発明は、

互いに交差して結合し、その交差部に応力発光材料を含む第 1 の光導波路および第 2 の光導波路を少なくとも一部に有する

ことを特徴とする繊維構造体である。

【 0 0 1 7 】

この発明において、応力発光材料は、典型的には、光導波路の側面に設けられる。光導波路の断面形状は基本的には任意であるが、典型的には、円形または矩形である。光導波路には光ファイバーが含まれる。光ファイバーを用いる場合、応力発光材料は、典型的には、そのクラッド中に設けられる。応力発光材料の形

態は、基本的にはどのようなものであってもよいが、典型的には膜状または微粒子状である。なお、応力発光材料は、短距離を導波させる場合には基本的には光導波路の断面のどこに設けても構わないが、より長距離を導波させる場合には、上述のようにクラッド中に設けるのが望ましい。

【0018】

第1の光導波路および第2の光導波路の数、太さ、長さ、間隔、配置、更にはそれらの交差部の数や配置は、装置の用途や機能などに応じて適宜決められるものである。

【0019】

第1の光導波路および第2の光導波路の少なくとも一つの端面には、典型的には、受光素子が直接または光ファイバーなどを介して間接的に接続される。

【0020】

この発明において、応力発光材料としては、種々のものをを用いることができるが、本発明者が見い出した下記のような材料が好適に用いられる。

- ・ 応力の時間変化率に依存して発光する蛍光性物質からなる応力発光材料

ここで、応力の時間変化率とは、応力を σ 、時間を t としたとき、 $d\sigma/dt$ と表すことができる。なお、応力には、機械的応力のほか、熱応力なども含まれる。

【0021】

- ・ 応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する蛍光性物質からなる応力発光材料

上記の応力の時間変化率は、外力の印加または解放の速度と言い換えることもできる。

- ・ 外力の印加または解放の速度に依存して発光する蛍光性物質からなる応力発光材料

- ・ 外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する蛍光性物質からなる応力発光材料

- ・ 応力の時間変化率に依存して発光する複合材料からなる応力発光材料

- ・ 応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する複合材料からなる応力発光

材料

【 0 0 2 2 】

・ 外力の印加または解放の速度に依存して発光する複合材料からなる応力発光材料

・ 外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する複合材料からなる応力発光材料

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、応力の時間変化率に依存して発光する複合材料からなる応力発光材料

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、応力の時間変化率に依存して発光強度が変化する複合材料からなる応力発光材料

【 0 0 2 3 】

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、外力の印加または解放の速度に依存して発光する複合材料からなる応力発光材料

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、外力の印加または解放の速度に依存して発光強度が変化する複合材料からなる応力発光材料

・ 手で触るだけで発光する蛍光性物質からなる応力発光材料

・ 手で触るだけで発光する複合材料からなる応力発光材料

ここで、手で触るだけで発光する場合には、それにより応力の時間変化率が得られる場合のほか、一定の力がある時間印加されてある距離の変位が生じる場合も含まれる。

【 0 0 2 4 】

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、手で触るだけで発光する複合材料からなる応力発光材料

・ 弾性振動を起こさせることにより発光する蛍光性物質からなる応力発光材料

・ 弾性振動を起こさせることにより発光する複合材料からなる応力発光材料

・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、弾性振動を起こさせることにより発光する複合材料からなる応力発光材料

上記の弾性振動を起こさせるには、音波、特に超音波を当てることが有効である。

【0025】

- ・ 音波を当てることにより発光する蛍光性物質からなる応力発光材料
- ・ 音波を当てることにより発光する複合材料からなる応力発光材料
- ・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、音波を当てることにより発光する複合材料からなる応力発光材料
- ・ 超音波を当てることにより発光する蛍光性物質からなる応力発光材料
- ・ 超音波を当てることにより発光する複合材料からなる応力発光材料
- ・ 蛍光性物質と他の物質とからなり、超音波を当てることにより発光する複合材料からなる応力発光材料

【0026】

上記の複合材料において蛍光性物質とともに用いられる他の物質は、用途などに応じて適宜選定することができ、1種または2種以上のものであってもよく、更には有機物質、無機物質のいずれであってもよいが、柔軟性を持たせる観点からは、好適には弾性体が用いられる。この場合、蛍光性物質の重量比率は好適には30%以上100%未満、より好適には30%以上80%以下とする。弾性体のヤング率は、典型的には10MPa以上である。弾性体は、典型的には有機材料であり、具体的には、例えば、ポリメチルメタクリレート（PMMA）、ABS樹脂、ポリカーボネート（PC）、ポリスチレン（PS）、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリアセタール（PA）、ウレタン樹脂、ポリエステル、エポキシ樹脂、シリコーンゴム、シロキサン結合を有する有機シリコン化合物および有機圧電材料からなる群より選ばれた少なくとも1種以上の材料で構成される。ここで、有機圧電材料としては、例えば、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）やポリトリフルオロエチレン共重合体などが挙げられる。また、無機物質系の弾性体としては、例えば無機ガラスが挙げられる。

【0027】

蛍光性物質は、典型的には、アルミニウム、ガリウムまたは亜鉛を構成元素の一つとする酸化物、より具体的には、アルカリ土類金属およびアルミニウム、ガリウムまたは亜鉛の酸化物を母体とし、これに希土類元素がドーブされたものである。ここで、希土類元素は、用途などに応じて1種類または2種類以上ドーブ

される。希土類元素が1種類だけドーブされる場合の代表例はEuがドーブされる場合であり、短残光が必要な用途に適している。このような蛍光性物質の具体例は $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ である。また、複合材料の具体例は、蛍光性物質が $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ であり、他の物質としての弾性体がポリエステル、アクリル樹脂またはそれらの混合物である場合である。希土類元素が2種類以上ドーブされる場合の代表例はEuおよびDyがともにドーブされる場合であり、長残光を積極的に利用する用途に適している。蛍光性物質は、アルミニウム、ガリウムまたは亜鉛を構成元素の一つとする酸化物のほかに、マンガンおよび／またはチタンがドーブされた例えば $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Ti}$ 、 $\text{ZnS}:\text{Mn}$ 、 Ti のようなものであってもよい。

【0028】

蛍光性物質あるいは複合材料は、用途などに応じた形状や寸法に調製される。例えば、シート状の形状とする場合、その厚さは、柔軟性を確保する観点から、好適には1mm以下、より好適には0.5mm以下とする。更に、蛍光性物質あるいは複合材料の柔軟性を確保する観点から、その蛍光性物質自体の形状を例えばスポンジ状またはネットワーク状の形状としてもよい。

【0029】

蛍光性物質は、構成元素にアルミニウム、ガリウムまたは亜鉛が含まれる場合のほか、例えばアルミニウムおよびシリコンが含まれる場合もある。

蛍光性物質は、一つの形態では、直径が100nm以下の微粒子からなり、結晶質である。この結晶質の蛍光性物質と弾性体とからなる複合材料においては、弾性体は典型的には非晶質である。

複合材料は、用途によっては、全体としてゲル状としてもよい。

【0030】

複合材料は、種々の方法で製造することが可能であるが、特に直径が100nm以下の微粒子からなる蛍光性物質と弾性体とからなる複合材料の製造には、ポリシロキサン化合物および金属アルコキシドの脱水・縮合反応を用いる。

【0031】

複合材料において蛍光性物質とともに用いられる他の物質としては、イオンを

取り込んで変形する有機導電性物質を用いることもできる。このような有機導電性物質としては、例えば複素芳香環系導電性高分子、具体的にはポリピロール、ポリチオフェン、ポリアニリンなどが挙げられる。更に、他の物質として高分子ゲル材料を用いることもできる。この高分子ゲル材料は、例えば、熱変位機能を有する水溶性非電解質高分子ゲル、pHによって変位が生じる電解質高分子ゲル、電気で変位が起きる高分子化合物と界面活性剤との組み合わせ、ポリビニルアルコール系材料およびポリピロール系材料からなる群より選ばれた少なくとも1種以上の材料である。ここで、熱変位機能を有する水溶性非電解質高分子ゲルは、例えばポリビニルメチルエーテルまたはポリNイソプロピルアクリルアミドであり、pHによって変位が生じる電解質高分子ゲルは例えばポリアクリロニトリルであり、電気で変位が起きる高分子化合物は例えばポリアクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸である。

【0032】

蛍光性物質は、コート材料、塗料、インク、人工皮膚、発光素子などに使用することもでき、必要に応じて、他の物質と組み合わせて複合材料として使用してもよい。

【0033】

発光素子に複合材料を用いる場合、それに弾性振動を生じさせ、それによって応力の時間変化率を得るためには、例えば圧電振動子あるいは圧電材料や表面弾性波素子などを用いることができる。良好な結晶性を得る観点から、好適には、圧電材料からなる薄膜と複合材料からなる薄膜とがエピタキシャルに格子整合して積層される。また、圧電材料からなる薄膜に圧電振動を生じさせるためには、例えば、圧電材料からなる薄膜を挟んで互いに対向する一対の電極を設けたり、圧電材料からなる薄膜の一方の面に互いに対向する一対の櫛形電極を設けたりして、これらの電極に電気信号を入力する。後者のように圧電材料からなる薄膜の一方の面に互いに対向する一対の櫛形電極を設ける場合、発光制御用のトランジスタ、例えばMISトランジスタを設け、このMISトランジスタのドレインと一対の櫛形電極のうち的一方とを電氣的に接続すれば、トランジスタのオン/オフ動作により発光を制御することができる。この発光素子は、アクティブマトリ

ックス素子の一つの単位として用いることができる。

【0034】

上記の圧電材料からなる薄膜は種々の基板上に形成することが可能であるが、特に Si 基板は安価で入手も容易である点で望ましい。この Si 基板を用いる場合には、その上にまず CeO_2 薄膜を成長させ、その上に圧電材料からなる薄膜を成長させることにより、 CeO_2 薄膜とエピタキシャルに格子整合させることが可能である。

【0035】

複合材料において蛍光性物質とともに用いられる他の物質としては、圧電材料を用いてもよい。この場合、一つの典型的な例では、複合材料は、粒子部分と粒界部分とからなり、その粒子部分が主として圧電材料からなり、粒界部分が主として蛍光性物質からなる。このような複合材料を用いて、以下のような発光素子を構成することができる。すなわち、複合材料は粒子部分と粒界部分とからなり、粒子部分が主として圧電材料からなり、粒界部分が主として蛍光性物質からなり、外部からの電気信号の入力により、複合材料に電歪を誘発し、その結果として粒界部分の蛍光性物質から発光が得られるように電極が設けられているものである。

【0036】

圧電材料としては種々のものを用いることができるが、典型的には ABO_3 型のペロブスカイト関連結晶構造を有するものが用いられ、具体的には、 PbTiO_3 系材料、 PbZrO_3 系材料、 $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 系材料、 $\text{Pb}(\text{ZnNb})\text{O}_3$ 系材料および $\text{Pb}(\text{MgNb})\text{O}_3$ 系材料からなる群より選ばれた少なくとも 1 種以上の材料またはそれらの固溶材料が用いられる。圧電材料と蛍光性物質との典型的な組み合わせの例を挙げると、圧電材料が $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 系材料であり、蛍光性物質が $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ である場合や、圧電材料が $\text{Pb}(\text{ZrTi})\text{O}_3$ 系材料であり、蛍光性物質が $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ である場合などである。

【0037】

蛍光性物質は、典型的には、希土類元素を含むアルミネート系ガラス相であり

、より具体的には、 SrAl_2O_4 : Eu 微粒子を含有するガラス相である。

【0038】

複合材料が主として蛍光性物質と圧電材料とからなる場合、その複合材料の製造には種々の方法を用いることができるが、好適には以下のような方法が用いられる。すなわち、Sr、Al および Eu とガラス形成物質とを少なくとも含む混合物を溶融し、この溶融状態から一旦急冷してガラス相を生成させる工程と、そのガラス相を粉砕することにより得られる粉末と圧電材料とを混合し、熱処理を行うことによりそのガラス相から SrAl_2O_4 : Eu 微粒子を析出させる工程を有する。

【0039】

アクチュエータ機能を有する基板を用い、その上に蛍光性物質を含有するインクをプリンターなどを用いてドット状に印刷することにより、発光素子の二次元アレイを容易に実現することができる。

【0040】

上記の印刷は、典型的にはプリンターで行われる。ドット状物質は、基板上に所望の配置で設けられるが、典型的には周期的に設けられる。この場合、基板の面内にアクチュエータ機能を有する素子が周期的に埋め込まれる。この基板としては、高分子アクチュエータ機能を有するものを用いてもよい。この高分子アクチュエータは、例えば、熱変位機能を有する水溶性非電解質高分子ゲル、pHによって変位が生じる電解質高分子ゲル、電気で変位が起きる高分子化合物と界面活性剤との組み合わせ、ポリビニルアルコール系材料およびポリピロール系材料からなる群より選ばれた少なくとも1種以上の材料を用いたものである。

【0041】

上記の蛍光性物質あるいは複合材料により、フレキシブルな発光材料を得ることができ、これは、例えばウェアラブルな材料として用いることができる。すなわち、応力の時間変化率に依存して発光する蛍光性物質を少なくとも含む材料を、基体の二次元面内に膜状、液滴状、ドット状、ロッド状、ストライプ状またはバルクセラミックス状の形状で設けたものを複数、フレキシブルな連結手段で連結することによりフレキシブル発光材料を得ることができる。これらのフレキシ

ブル発光材料は、あたかも、上記の基体を日本の伝統的甲冑の鎧の製作に用いられているものと類似の手法でファイバーやひも状の物で繋げることにより、巨視的にフレキシブル化したものと言えるものである。

【 0 0 4 2 】

上記の蛍光性物質あるいは複合材料は、すでに述べたように超音波を当てることにより容易に発光を起こさせることができる。このような超音波発光性物質は種々の方法で得ることができるが、好適には以下のような方法により得ることができる。すなわち、アルカリ土類金属およびアルミニウムの酸化物の母体中に一種類だけの希土類元素がドーピングされた結晶性材料を、500℃以上の温度で還元処理することにより超音波発光性物質を得ることができる。また、この超音波発光性物質は、例えば発光を利用した交通標識などに用いることができる。

【 0 0 4 3 】

この発明による蛍光性物質は、発光表示部を有する各種の電子装置、発光システム、表示システムなどに使用することができ、必要に応じて、他の物質と組み合わせることで複合材料として使用してもよい。

【 0 0 4 4 】

上述のように構成されたこの発明によれば、第1の光導波路と第2の光導波路との交差部を手の指で押すなどすると、この交差部の応力発光材料に応力が発生し、それによって発光が生じる。この光は、第1の光導波路および第2の光導波路の少なくとも一方に入射してその内部を導波され、それらの端面から出射される。この出射された光は、外部の受光素子などにより検出することができる。

【 0 0 4 5 】

一方、第1の光導波路と第2の光導波路との交差部を手の指で押すなどすることを入力信号と捉えることができる上、エレクトロルミネッセンスや発光ダイオードなどのように発光を起こさせるために電流注入を行う必要がないので、受光素子などの消費電力を除けば、消費電力は基本的にゼロで済む。

【 0 0 4 6 】

【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。なお、実施

形態の全図において、同一または対応する部分には同一の符号を付す。

最初に、以下の実施形態において応力発光材料として好適に用いられる $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$: Eu系複合材料、その製造方法およびその応用について説明する。

まず、通常の固相反応法による $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ セラミックスの作製法について説明する。

作製の手順としては、まず、原料として以下の物質を所定量、ボールミルにて約20時間混合する。

【0047】

$$\begin{aligned}\text{SrCO}_3 \quad 0.39 \text{ mol} &= 147.6292 \times 0.39 \\ &= 57.575388 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Al}_2\text{O}_3 \quad 0.4 \text{ mol} &= 101.96128 \times 0.4 \\ &= 40.784512 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Eu}_2\text{O}_3 \quad 0.002 \text{ mol} &= 351.9182 \times 0.002 \\ &= 0.7038396 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{B}_2\text{O}_3 \quad 0.032 \text{ mol} &= 69.6182 \times 0.032 \\ &= 2.2277824 \text{ g}\end{aligned}$$

【0048】

その後、1400℃での空气中仮焼、1400℃での酸素中仮焼、1300℃での H_2 (5%) N_2 雰囲気中還元熱処理というプロセスで合成を行った。そのときの各段階でのX線回折図形を図1～図4に示す。

1400℃で空气中仮焼した段階(図2)で、ほぼ目的結晶相は形成されており、結果的にできている物質は、既知論文[F.Hanic, T.Y.Chemekova and J.Majling, J.Appl.Phys., 12(1979)243]と同様に単斜晶系で全て指数付けされ、単相であることが判明した。

【0049】

次に、ポリエステル樹脂(Buehler社製のCastolite Resin)と、上記の $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ の粉末を重量比で1:2の割合で混練し、数cm角のシート状にし、これを一昼夜放置して、無機有機・複合化シート材料を作製した。ここで、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ の粉末微粒子の直径は100nm以下である。なお、本発

明者の知る限り、ポリエステルを使用した報告はなされていない。

【0050】

ここで作製したシートは、厚さ1mmに満たない薄いシート（下敷き状）であり、暗がりでも軽く曲げるだけで、強く光ることが確認された。その時の様子を図5に示す。

【0051】

図5Aでは、折り曲げる前の明るい場所でのシートを、図5Bでは、暗くしたところを（折り曲げ始めたところ）、図5Cでは、折り曲げたところで、しかも持ったところが光るケースを、更に図5Dでは、折り曲げた際に、シート全体が光るケースをそれぞれ示した。

このように人の力で簡単に光らせることに成功したのは、今のところ本発明者だけである。

【0052】

九州工業技術研究所の徐、秋山らによる実験報告は、エポキシ樹脂混合物のバルク体に何トンかの圧力を印加するものが多く、軽く人間が触れるだけでも、例えば手の指先が触れるだけでも光を発するレベルでの報告例は本発明者の知る限りなされていない。

このように、簡単な折り曲げ操作で光る材料が得られたことは、エンターテインメント用ロボットなどの人工皮膚材料として、極めて有用である。図6にその簡単なイメージ図を示す。図6においては、犬型のエンターテインメント用ロボットの胴体に上述のシートが人工皮膚として設けられ、その人工皮膚に人間の手の指先を触れることで発光が生じるようになっている。

軽く触っただけで発光が起こる無機有機・複合化シートは、上記の機能性人工皮膚材料の研究だけでなく、他分野への波及効果も相当あるものと考えられる。

【0053】

次に、応力発光物質としての SrAl_2O_4 : Eu粉末と樹脂材料との混合比（重量％表示）について説明する。

上記と同様な手法により、 SrAl_2O_4 : Eu粉末とポリエステルとの混合を重量比を10％から80％に変えて行い、シート状の成型を試みた。シートの

形状は10mm×25mm、厚さ0.25mm程度である。この実験に限って言うと、70%以下ではいずれも良好なシート成型体が形成されたが、80%ではぼろぼろになりやすく、力学的信頼性が乏しい結果となった。図7に、このシートにおける SrAl_2O_4 : Eu粉末の重量比率（重量含有率）と発光強度との相関を示す。発光特性だけから考慮すれば、 SrAl_2O_4 : Euの充填率が高いほど高い発光強度が得られるが、力学的信頼性が乏しくては製品化が困難であるので、この結果からすると、30～75%程度が望ましいと考えられる。ただし、本質的には、80%以上であっても、良好なシート状成型体の形成が可能であると考えられる。

【0054】

ここで用いられる複合材料は、応力発光と言っても、日中の明るい状況下では、その発光を目で明瞭に捉えることはなかなか難しいのが現実である。発光強度の問題であり、紫外線等の光励起を用いれば明瞭に分かるが、応力発光の場合には、励起強度がまだまだ少ないのか効率が低いのかは必ずしも定かではないが、とにかく日中時に一目瞭然と発光状態が分かるわけではない。したがって、効果的な使用時間帯としては夜間での使用が考えられる。もっとも、暗い部屋であれば問題なく使用可能である。

【0055】

ここで、非常に重要な、根本特殊化学（株）が開発した希土類元素が2種類ドープされている SrAl_2O_4 : Eu + Dy粉末の樹脂混合シートと、本発明者らが開発した SrAl_2O_4 : Euと樹脂との混合シートの暗所での残光特性の比較結果について説明する。混合比は、双方同じで、粉体：樹脂＝1：2である。その結果を図8に示す。

【0056】

図8A～E中、左側に SrAl_2O_4 : Eu、右側に SrAl_2O_4 : Eu + Dyの挙動を示す。明るい所での外観や色調は全く同じである。しかし、部屋の照明を切ったからの発光状態が大きく異なり、前者が1分もしないうちに目の感度では、相当暗くなるのに対して、後者は、もともと長残光として開発された経緯もあり、相当光り続けていることが分かる。

【0057】

逆に言えば、このことは、後者の材料系では、応力発光を目的とした人工皮膚としては、不向きであることを意味する。即ち、暗所でも応力を発生させる以前から発光している状況であり、応力の発生前と発生後の発光強度の比が大きく取れない。したがって、長残光特性を示さない $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ が、このような用途に適していることがこれで証明される。

【0058】

次に、本発明者が作製した $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 粉体および比較のために根本特殊化学（株）が開発した $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu} + \text{Dy}$ 粉体の発光特性を評価した結果について説明する。

図9に本発明者が作製した $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 粉体の紫外線励起発光スペクトル（図9A）およびその残光特性（図9B）を、図10に $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu} + \text{Dy}$ 粉体〔根本特殊化学（株）製の商品名ルミノバ（G-300C）〕の紫外線励起発光スペクトル（図10A）およびその残光特性（図10B）をそれぞれ示す。

【0059】

なお、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 粉体の作製においては、還元前の処理は1回で十分との事前確認をした上で、仮焼を酸素雰囲気中において1400℃で2時間、その後、還元処理（ N_2 中4% H_2 ）を、1300℃で2時間の条件で行って測定用試料とした。この試料が単相であることは確認済みである。なお、還元処理の温度は少なくとも500℃以上であればよく、1300℃に限定されないことは言うまでもない。

【0060】

いずれも、発光の主ピークは520nm近傍の波長であり、緑色を呈しているが、紫外線照射を止めた後の残光（Decay）特性を見ると、前述したように $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ の方がはるかに早く発光強度が減衰していくことが確認できる。なお、図9Aおよび図10Aの発光スペクトルは、25ミリ秒毎に測定した結果を重ねて表したものであり、発光スペクトルの強度が時々刻々減少している様子が見て取れる。

【0061】

さて、これらの発光スペクトルおよびそのメカニズムについてであるが、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ の発光に関するバンド描像を図11に示す。図11において、V. B. は価電子帯、C. B. は伝導帯を示す。

これまでの松沢ら（根本特殊化学（株））や徐ら（九州工業技術研究所）の研究成果や、あるいは中沢（工学院大学）や傳井ら（新潟大学）の評価によって、ある程度の発光メカニズムが分かってきている。基本的に、応力発光の波長と紫外線励起でのフォトルミネッセンス波長とが同じであることから、フォトルミネッセンスの理解を根底に考えればよいことになる。ただし、応力によるエネルギー変化はまた別に考慮すべき点である。図11に示すように、エネルギー遷移過程は、まず Eu^{2+} が価電子帯の電子を奪い、1価の Eu^{+} となるいわゆる電荷移動遷移が行われる。そうすると価電子帯にはホールが生じる。励起状態にある実効的に負電荷を帯びた Eu^{+} に、この価電子帯のホールが束縛され、新たな励起状態である Eu^{2+} が形成され则认为られる。そして、これがホールと再結合する形で光が放出され、 $d \rightarrow f$ 遷移による約2.4 eV (520 nm)の発光が起こるものと考えられる。

【0062】

次に、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ と樹脂との複合化材料における特徴として、圧力の印加および解放の両プロセスにおける発光現象を図12に示す。

図12A～Eは圧力の印加および解放による発光特性を観察した結果を示し、ビデオ撮影からのコマ撮りを再現したものである。図12Aはプレス台上に置かれた試料を示す。加圧前の暗い状態では若干の残光を有している（図12B）。加圧した瞬間に強く発光し（図12C）、その加圧状態を維持すると発光は消失する（図12D）。図12Eは加圧を解放した状態を示す。以上のことから分かるように、ここで言う応力発光とは、物理的に正確な表現をすれば、応力の時間微分に起因した発光ということになる。このことは、実際加圧速度を速めると発光が強くなることから確認されている。

【0063】

このように応力の時間微分あるいは加圧速度に発光強度が大きく依存すること

が判明したことから、本発明者は、超音波振動下での発光を期待して実験を行った。この実験は世界的に見ても初めてのものと考えられる。

実験に使用した超音波振動子は、本多電子製の、発振部にホーンを装備したもので、仕様は、共振周波数39.30kHz、共振インピーダンス180Ω、静電容量2480pFというものである。この共振状態にある超音波ホーンに、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ とポリエステル樹脂とを複合化させたシートを接触させたところ、期待通り発光が確認された。その結果を図13に示す。

【0064】

図13Aには超音波ホーンの概観、図13Bにはその発光の様子を暗視野で、図13Cにはビデオのナイトショット撮影機能を用いた発光の様子を再現したものそれぞれを示す。図13Bおよび図13Cより、明らかに超音波を受けて発光していることがわかる。これは、振動の波が複合材料シート内を伝搬し、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 微粒子へ到達して発光しているものと考えられる。ただし、超音波ホーン・ステージに強く接触させないと光はまだ弱く、超音波の伝搬ロスさえ抑制できれば、もっと効率よく発光させることができると考えられる。なお、接触面での発熱の影響を確認するため、別途ホットプレート等の発熱部へ接触させて、その発光の有無を調べたが、それらの実験からは目に見える発光は全く観察されなかったもので、明らかに超音波発光であることが証拠付けられた。このことは、上述した新潟大学の傳井らのサーモルミネッセンス研究からも予想されることで、この $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 粉末は、230Kに大きなサーモルミネッセンス発光（トラップと関係がある）のピークがあり、室温以上ではその強度は数分の一程度に減少することが報告されている。すなわち、室温以上の温度下にさらされたとしたも、熱だけでは発光しにくいことが分かる。この超音波発光の効率を上げる目的から、さらに周波数の高いMHzの振動子での実験を試みた。ここで用いられている振動子は、超音波加湿器等で用いられているものと同型のもので、直径2cm程、厚さ1mmのディスク状のものである。その表面にシートを貼り付けて周波数2.4MHzで振動を与えた場合の様子を図14に示す。図14Aが振動子オフの状態、図14Bが振動子オンの状態である。

【0065】

圧電振動のモードは、主として厚さ方向縦振動である。明瞭なより強度の高い発光が認められた（図14B）。高周波振動の方が加速度が高いためと考えられる。

このような基礎実験の結果より、この材料は、表面波などを用いて発光させることができると考えられる。更に、超音波を空气中に照射して、遠方のボードを光らせるようなこともできると考えられる。このように、振動のエネルギーが直接光エネルギーに変換された意義は、非常に大きい。

【0066】

技術的な位置づけを再度繰り返すと、この $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ には、サーモルミネッセンス発光も認められているが、応力発光に言及して研究報告しているのは、九州工業技術研究所の徐、秋山らのグループがほとんどである。彼らは、セラミックス固体だけでなく、樹脂（ただし、エポキシ系樹脂のみ）との複合物を、たたいたり加圧したりすると発光することを報じているが、いずれもバルクな塊状の物体が対象である。軽く触るだけでの発光は勿論、超音波振動を直接物質に与えるような実験報告は、いずれも世界的に見てもなされていない。

【0067】

蛍光性 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 粉末とポリエステル樹脂との複合化シートにおいて、超音波振動をしている物体に接触させることで発光する現象が初めて観測された。これは、ごく単純な機械的エネルギーではなく、電気制御し得る超音波振動で固体の発光を制御することができる可能性を示したものである。更に一方、同じシートにおいて、単純な折り曲げ（屈曲）操作で、容易に発光することも併せて確認することができた。人工皮膚への応用面からは、電気制御と自発性との2面で有効であることが確認された意義は大きい。

【0068】

これらの結果より、以下のような素子を提案する。

すなわち、この発明による複合材料をシート化したものは、いわゆるエンターテインメント用、あるいはその他の各種用途で利用されるロボットの人工皮膚として利用することができる。この場合の概念図を図15に示す。

図15を見てわかるように、使用者側が、皮膚の任意の場所に触れたとき、自

発的にその場所が発光するだけでなく、別の素子によって触れられた位置と強度の二つの情報を一旦CPUに記憶させ、適切なタイムシフト後に、所定の位置の皮膚を光らせることも可能である。この場合のイメージ図を図16に示す。図16に示すように、これは、人の手で頭を撫でられた犬のほほが、少しした後で、赤くほてっている様子である。このようなことが、この複合材料と図15のシステムとで容易に可能となる。

【0069】

次に、人工皮膚の構成要素等について説明する。

人工皮膚ということもあり、ある程度の柔軟さが必要である。そこで、これまでに述べてきたように、マトリックスとして樹脂などのエラストマーを使用することは自然であるし、ゴムなどでサンドイッチして光らせることも可能である。更に、そうした方法だけでなく、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ セラミックス自体をファイバー状にしたり、スポンジ状にしたり、あるいはネットワーク状にしたりしてそれ自体である程度柔軟性を持たせることにより、発光を実現させることも可能である。その場合のイメージ図を図17に示す。

【0070】

図17においては、人工発色皮膚の構造のイメージが示されており、外力の印加によるネットワーク構造の圧縮により発光が生じる様子が示されている。図17には、スポンジ構造のほか、セラミックスのフレームワーク構造も示されているが、このような構造を形成するには、セラミックス焼結後に酸等で粒子部分を洗い流し、粒界部分のみ残す手法が一般的に用いられる。 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ を粒界に残す場合には、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ と反応し難い物質と混合し、焼成後、その物質を酸などで洗浄すればよい。具体例では、 $\text{ZnO}-\text{Nb}_2\text{O}_5$ 系の場合で、以下の論文にその記述がある。

・ 浜野健也、佐谷野頭生、中川善兵衛、窯業協会誌、91(1983)309-317

【0071】

次に、同じような柔軟な構造を得る方法として、無機・有機ハイブリッド複合材料化が挙げられる。無機有機ナノ複合体のうち、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 部位だけが選択的にナノ結晶として存在することが理想的である。この場合、マトリッ

クス部が無機・有機ハイブリッド複合材料ということになる。このイメージを図18に示す。また、この柔軟な無機・有機ハイブリッド複合材料をシート片としたものを人の指先にはさんで折り曲げている様子を図19に示す。

【0072】

図18中の波線部分は、 $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ のシロキサン結合で、その末端の部位に $\text{M}-\text{O}$ の部位（ここでは M として Sr 、 Al を考え、 $\text{Sr}-\text{O}$ および $\text{Al}-\text{O}$ を考えればよい）があるものである。この無機・有機ハイブリッド複合材料においては、機械的変位がシロキサン結合に伝搬し、それが空間的に点在する $\text{Sr}-\text{O}$ および $\text{Al}-\text{O}$ 部位に到達した際に発光が起こる。

【0073】

この無機・有機ハイブリッド複合材料を作製するには、テトラエトキシシラン（ $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ 、TEOS）の加水分解生成物であるシロキサン（ $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ ）を原料とすることもできるが、簡便には、ポリジメチルシロキサン（ $\text{HO}-(\text{Si}(\text{CH}_3)_2)-\text{OH}$ 、PDMS）を原料として用いることができる。更に、発光部位を形成するために、アルミニウムアルコキシド（例えば、 $\text{Al}(-\text{O}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2)_3$ ）やストロンチウムアルコキシド（例えば、 $\text{Sr}(-\text{O}-\text{CH}(\text{CH}_3)_2)_3$ ）と一緒に反応させればよい。適切な反応条件下で、脱水・縮合反応が起き、所望のハイブリッド構造が得られる。具体的な作製方法は、以下の論文に詳述されている。

・山田紀子、吉永郁子、片山真吾、マテリアルインテグレーション

12(1999)51-56

【0074】

更に、別のアイデアとして、応力発光物質を取り囲むマトリックスとして、イオンを取り込むことが可能なポリピロール等の有機導電性物質を用い、これを外部電極と対向させることで、屈曲させ、同時に光らせることも可能である。

次に、この応力発光材料を2次元面を光らせる材料として用いる場合について述べる。この場合、半導体レーザや発光ダイオード等のように電流注入が不要であるので、その分、省エネルギー化を図ることができる。

【0075】

まず、Si上に積層されたPZT等の圧電薄膜の上へ応力発光材料を積層する発光素子が考えられる。この圧電材料と複合化した二種類の発光素子の製造方法を図20に示す。

図20に示すように、例えば(001)面方位のSi基板11上にバッファ層12として例えば(001)面方位の CeO_2 膜をエピタキシャル成長させ(図20Aおよび図20B)、その上に下部電極層13として例えば(001)面方位の SrRuO_3 薄膜等のペロブスカイト型の導電性薄膜をエピタキシャル成長させ(図20C)、更にその上に圧電薄膜14として例えば(001)面方位のPZT等のペロブスカイト型の薄膜をエピタキシャル成長させる(図20D)。

【0076】

この後のプロセスは発光素子の型により異なる。一つの型の発光素子では、圧電薄膜14上に上部電極層15として例えば(001)面方位の SrRuO_3 薄膜等のペロブスカイト型の導電性薄膜をエピタキシャル成長させ(図20E)、更にその上に応力発光層16として例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ あるいはこれと樹脂等との複合材料を積層し(図20F)、最後に透明なキャップ層17として例えばガラスや透明有機樹脂等の薄膜を形成する(図20G)。これによって、下部電極層13と上部電極層15との間に印加される電圧により圧電薄膜14に発生する圧電縦振動が良好に応力発光層16に伝搬し、効率の良い発光が起こる発光素子が得られる。

【0077】

もう一つの型の発光素子では、圧電薄膜14上に直接応力発光層16を積層し(図20H)、最後に上部透明電極層18としてITO、 CuAlO_2 等の透明導電膜を積層して覆う(図20I)。これによって、下部電極層13と上部透明電極層18との間に印加される電圧により圧電薄膜14に発生する圧電縦振動が良好に応力発光層16に伝搬し、効率の良い発光が起こる発光素子が得られる。

【0078】

上記した二つの型の発光素子はいわゆる圧電振動を用いたものであるが、類似の手法として表面弾性波を用いることもできる。この表面弾性波を利用した発光素子の製造方法を図21に示す。図21に示すように、まず例えば(001)面

方位のSi基板21上にバッファ層22として例えば(001)面方位の CeO_2 膜をエピタキシャル成長させ(図21Aおよび図21B)、その上に圧電薄膜23として例えば(001)面方位のPZT等のペロブスカイト型の薄膜をエピタキシャル成長させる(図21C)。更にこの圧電薄膜23上に、例えば(001)面方位の SrRuO_3 薄膜等のペロブスカイト型の導電性薄膜をエピタキシャル成長させ、これをパターニングすることにより互に対向する二つの櫛形電極24、25を形成する(図21D)。最後に、櫛形電極24、25間に応力発光層26として例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ あるいはこれと樹脂等との複合材料を積層する(図21E)。これによって、櫛形電極24に印加される電圧により圧電薄膜23に発生する表面弾性波が良好に応力発光層26に伝搬し、効率の良い発光が起こる発光素子が得られる。

【0079】

次に、上述の発光素子をMOSFETと一体化した例について説明する。図22に、上述の表面弾性波方式の発光素子をMOSFETと一体化した発光素子の例を示す。図22に示すように、例えばn型Si基板31にpウェル32が形成され、このpウェル32の表面に素子間分離用のフィールド絶縁膜33として例えば(001)面方位の CeO_2 膜が形成されている。このフィールド絶縁膜33により囲まれた活性領域の表面に例えば SiO_2 膜等のゲート絶縁膜34が形成され、その上に例えば不純物がドーピングされた多結晶Siやポリサイド等からなるゲート電極35が形成されている。pウェル32中に、このゲート電極35に対して自己整合的に例えば n^+ 型のソース領域36およびドレイン領域37が形成されている。これらのゲート電極35、ソース領域36およびドレイン領域37によりnチャネルMOSFETが構成されている。

【0080】

一方、フィールド絶縁膜33上に圧電薄膜38として例えば(001)面方位のPZT等のペロブスカイト型の薄膜が積層され、その上に例えば(001)面方位の SrRuO_3 薄膜等のペロブスカイト型の導電性薄膜からなる二つの櫛形電極39、40が互に対向して形成されている。これらの櫛形電極39、40間に応力発光層41として例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ あるいはこれと樹脂等と

の複合材料が積層されている。これらの圧電薄膜 38、櫛形電極 39、40 および応力発光層 41 により表面弾性波方式の発光セルが構成されている。

【0081】

MOSFET および発光セルを覆うように例えば SiO_2 膜のような層間絶縁膜 42 が形成されている。ドレイン領域 37 の上の部分におけるゲート絶縁膜 34 および層間絶縁膜 42 に接続孔 43 が形成され、この接続孔 43 内に例えば不純物がドーピングされた多結晶 Si や W 等からなるプラグ 44 が埋め込まれている。また、櫛形電極 39、40 の上の部分における層間絶縁膜 42 に接続孔 45、46 が形成されている。そして、接続孔 45 を通じて金属配線 47 によりプラグ 44 と櫛形電極 39 とが接続されている。また、接続孔 46 を通じて櫛形電極 40 に金属配線 48 が接続されている。

【0082】

上述のように構成された MOSFET 一体型発光素子においては、MOSFET のドレイン領域 37 と表面弾性波を発振する圧電薄膜 38 に設けている一方の櫛形電極 39 とが電氣的に接続されていることから、MOSFET のスイッチングにより発光セルからの発光を制御することができる。言い換えれば、この MOSFET 一体型発光素子は、アクティブマトリックスで駆動することができる。このため、図 23 に示すようなアクティブマトリックス回路を用いることで、MOSFET 一体型二次元発光素子の形成が可能である。図 23 中、□で示されたものが発光セルである。ソース線は各画素部の MOSFET のソース領域 36 と接続されている。ゲート線は各画素部の MOSFET のゲート電極 35 と接続されている。

【0083】

次に、混合セラミックスを用いた発光素子について説明する。その一例を図 24 に示す。図 24 に示すように、この発光素子においては、応力発光物質と圧電材料とを組み合わせた混合セラミックスを用いており、粒子に圧電セラミックス微結晶、例えば PZT 微結晶 51 を使い、粒界（マトリックス部）に応力発光材料として例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 52 を形成している。

そこで、図 25A に示すように、このような微構造を有するセラミックス材料

53を挟むように電極54、55を設け、これらの電極54、55間に図25Bに示すように外部から交流電界を印加して圧電振動を起こさせる。この結果、粒界面を光らせることができる。

【0084】

この混合セラミックス材料の作製方法は、次のとおりである。すなわち、例えば、先に述べた $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ の作製方法と同様に、まず原料として例えば SrCO_3 、 Al_2O_3 、 Eu_2O_3 および B_2O_3 を所定量、ボールミルにて混合した後、この混合物を熱処理して溶融し、この溶融状態から一旦急冷してガラス相を生成する。次に、このガラス相を粉碎して粉末化し、これをPZTを微結晶化したものと混合した後、熱処理を行うことによりガラス相からPZT微結晶の粒界部分に $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ を析出させる。

【0085】

次に、アクチュエータ基板を用いた発光素子の製造方法の一例について説明する。この例では、図26に示すように、アクチュエータ基板61上に、応力発光物質として例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ を含む応力発光インク（一種の塗料とも言える）をインクジェット方式でドット状に打ち出して応力発光ドット62をX方向およびY方向に周期的に形成する。

【0086】

アクチュエータ基板61は、高分子ゲル素子、圧電素子、超音波素子、超磁歪素子、形状記憶合金素子、水素吸蔵素子、発熱素子（バイメタル他）等から構成されるものである。このうち高分子ゲル素子では、熱で変位する水溶性非電解質高分子ゲル、特に側鎖にエーテル基を有する例えば、ポリビニルメチルエーテル（PVME）やポリNイソプロピルアクリルアミド（PNIPAM）が候補材料の一つである。さらに、pHで変位する電解質高分子ゲルのポリアクリロニトリル（PAN）や、電気変位が可能なポリアクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸（PAMPS）と界面活性剤との組み合わせやポリビニルアルコール系も有力な候補材料である。更に、有機分子アクチュエータとして、ポリピロール等も候補材料である。

【0087】

アクチュエータ基板 61 の駆動モードとしては、表面弾性波を用いても、圧電縦振動を用いても、あるいは、機械的に生じる表面のしわを用いても構わない。表面において時間的な変化をもたらすために、このアクチュエータ基板 61 の中に上記のアクチュエータ材料を周期的に挿入する方法がある。図 26 には、アクチュエータ基板 61 の中に X 方向に周期的に、挿入方向を Y 方向としてアクチュエータ材料 63 を挿入した例が示されている。この例では、この周期的に挿入されたアクチュエータ材料 63 により、アクチュエータ基板 61 の表面の変位の周期性が得られる。

【0088】

次に、超音波による道路標識発光システムについて説明する。図 27 にその一例を示す。図 27A に示すように、この道路標識発光システムにおいては、標識部の表面にこの発明による応力発光材料あるいは複合材料を用いて必要なマークを形成するとともに、自動車に超音波発振器を取り付ける。すると、図 27B に示すように、この超音波発振器により発生する超音波が標識部に当たると応力発光が生じ、マークが浮かび上がってドライバーが認識することができる。

【0089】

次に、一種の光神経網が形成された人工皮膚について説明する。その一例を図 28 に示す。図 28 に示すように、この例では、人工皮膚材料による皮膚層を貫通してプラスチックファイバーが二次元アレイ状に設けられ、皮膚層の表面側の各プラスチックファイバーの一端に球状の応力発光複合材料が取り付けられている。この応力発光複合材料は、例えば、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ とポリエステル樹脂とからなる。この人工皮膚においては、例えば、その表面に人の指が触れるとその部位の応力発光複合材料から発光が生じ、その光がプラスチックファイバーを通してその他端から皮膚層の裏面側に光がパルス状に出射される。すなわち、皮膚層の表面に指が接触したことおよびその接触部位を、皮膚層の裏面側から光が出射されることおよびその出射位置から検出することができ、この意味でこの人工皮膚には光神経網が形成されていると言える。

【0090】

さて、この発明の第 1 の実施形態による入力装置について説明する。

この入力装置においては、図29Aに示すような光ファイバー101を用いる。この光ファイバー101の断面形状は円形であってもよいが、ここでは矩形のものを用いるものとする。この光ファイバー101は中心部のコアとその周りのクラッドとからなるが、このクラッド中に、光ファイバー101の長手方向に部分的に応力発光材料が設けられている。この光ファイバー101の応力発光材料部を含む断面形状の例を図29B～Dに示す。図29B～Dにおいて、符号101aがコア、101bがクラッドを示す。図29Bに示す例においては、光ファイバー101のクラッド101aが部分的に除去されていてその部分に応力発光材料102が設けられている。図29Cに示す例においては、光ファイバー101のクラッド101a中に応力発光材料102が埋設されている。図29Dに示す例においては、光ファイバー101のクラッド101a中に微粒子状の応力発光材料102が埋設されている。これらの例において、応力発光材料102は、他の光ファイバー101との交差部にのみ設けてもよいし、光ファイバー101の全周にわたって設けてもよい。

【0091】

応力発光材料102としては、 $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ 粉末とポリエステル樹脂との複合材料が好適に用いられるが、その他の各種の材料を用いてもよい。

【0092】

図30はこの第1の実施形態による入力装置を示す。また、図31はこの入力装置における光ファイバーの交差部の断面を示す。

図30および図31に示すように、この入力装置においては、2本の光ファイバー103、104が互いに交差して設けられており、その交差部で応力発光材料102を介して互いに結合している。応力発光材料102としては、例えば、上記の $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ とポリエステルとの複合材料が用られる。

【0093】

この入力装置において、図32に示すように、指105で光ファイバー103、104の交差部を押すと応力発光材料102に応力が発生して発光が起きる。この光は光ファイバー103、104のコア103a、104aに入ってその内部を導波され、それらの端面から光106が出射される。この光106をそのま

ま出力信号として用いてもよいが、光ファイバー103、104のそれぞれの一端面に受光素子を直接または間接的に接続しておき、この受光素子で光106を受光することにより電気信号として出力信号を得ることができる。

【0094】

なお、応力発光材料102からの発光は等方的であるので、この応力発光材料102と光ファイバー103、104との界面を意図的に凹凸化しておくこと、光ファイバー103、104のコア103a、104a内への光の導入効率が高まるので、好ましい。この場合、凹凸部の角度の最適設計により、全反射条件を満たす範囲内で凹凸化を行うと、更に好ましい。

【0095】

図33は、応力発光材料102に発生する応力(P)および発光強度(I)を時間(t)の関数として示したものである。図33より、応力に変化があるとき、応力発光材料からの発光が認められる。ここで、 $I \sim \text{定数} \times (dP/dt)$ であり、応力の時間微分あるいは差分感知を行っていることになる。また、発光強度は、応力変化の大きさと正の相関があるので、応力の大きさそのものについても情報を得ることができる。

【0096】

この第1の実施形態によれば、光ファイバー103、104の交差部に指などを接触させたときに、光ファイバー103、104の端面から光106を取り出すことができるので、その接触を検知することができる。特に、光ファイバー103、104をそれぞれ複数用い、それらを交差させることにより、その接触位置を正確に検出することができる。また、この場合、光源は応力発光材料102であり、光源として通常光ファイバー103、104の端面に設けられる半導体レーザや発光ダイオードなどは一切使用していないため、受光素子の消費電力を除くと、消費電力はゼロであり、大幅な低消費電力化を図ることができる。更にまた、光ファイバー103、104の端面に光源を配置する必要がないので、受光素子をこの光ファイバー103、104の端面に配置することができる。そして、光ファイバー103、104の交差部に壊れやすい受光素子などの検出器を配置する必要がないため、極めて頑強な入力装置を実現することができる。更に

、発光を起こさせるためにリード線などによる配線を必要としないため、構成が非常に簡単である。

この入力装置は、光学的な接触情報感知器 (Optical Tactile Sensor) として用いて好適なものである。

【 0 0 9 7 】

図 3 4 はこの発明の第 2 の実施形態によるキー入力装置を示す。

図 3 4 に示すように、このキー入力装置においては、x 方向に延びる M 本 (M は 2 以上の整数) の光ファイバー 1 0 3 と y 方向に延びる N 本 (N は 2 以上の整数) の光ファイバー 1 0 4 とが交差して結合している。この場合、M 本の光ファイバー 1 0 3 と N 本の光ファイバー 1 0 4 との各交差部がキー位置となる。光ファイバー 1 0 3 の本数 M および光ファイバー 1 0 4 の本数 N は、キーの個数や配置などに応じて決められる。一例を挙げると、M = 6、N = 2 0 である。各光ファイバー 1 0 3 の一端は接続用の光ファイバー 1 0 7 を介してライン光センサー 1 0 8 に接続されている。同様に、各光ファイバー 1 0 4 の一端は接続用の光ファイバー 1 0 9 を介してライン光センサー 1 1 0 に接続されている。ライン光センサー 1 0 8、1 1 0 としては例えば CCD などが用いられる。これらの光ファイバー 1 0 3、1 0 4 の表面には、キーを示す文字、記号などが印刷などにより表示された、樹脂などからなるカバーが設けられているが、その図示は省略してある。その他のことは、第 1 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 9 8 】

この第 2 の実施形態によれば、フレキシブルで大面積化も極めて容易でしかも低消費電力のシート状の超薄型キー入力装置を実現することができる。また、このキー入力装置では、入力時の指の押し下げ強度を認知することができるので、例えば、強く押した時は大文字にするといった高機能化を実現することができ、これによって例えばシフトキーを省くことができるようになる。

このキー入力装置は、種々の電子機器に用いることができるが、例えば、いわゆる電子ペーパータイプのコンピュータなどの入力装置として用いて好適なものである。

【 0 0 9 9 】

図 3 5 はこの発明の第 3 の実施形態によるキー入力装置を示す。

図 3 5 に示すように、このキー入力装置においては、各光ファイバー 1 0 3 の一端にそれぞれ受光素子 1 1 1 が接続され、各光ファイバー 1 0 4 の一端にそれぞれ受光素子 1 1 2 が接続されている。その他のことは、第 1 および第 2 の実施形態と同様であるので、説明を省略する。

この第 3 の実施形態によれば、第 2 の実施形態と同様な利点を得ることができる。

【 0 1 0 0 】

図 3 6 はこの発明の第 4 の実施形態を示す。

この第 4 の実施形態においては、第 2 または第 3 の実施形態で用いたものと同様な光ファイバーアレイを例えば樹脂などの保護シートで挟んだ光ファイバーシートを用いる。そして、図 3 6 に示すように、コップ 1 1 3 の側面にこの光ファイバーシートを巻き付ける。各光ファイバー 1 0 3 の一端には受光素子 1 1 2 が接続されている。また、各光ファイバー 1 0 4 の一端にはライン光センサー 1 0 8 が接続されている。各受光素子 1 1 2 およびライン光センサー 1 0 8 からの出力はコップ 1 1 3 の底面に設けられた集積通信モジュール 1 1 5 に送られるようになっている。この集積通信モジュール 1 1 5 は光電変換素子、発振素子、アンテナなどを含み、光ファイバー 1 0 3、1 0 4 の交差部で発生した光の情報を外部に送信することができるようになっている。

【 0 1 0 1 】

この第 4 の実施形態においては、図 3 6 に示すように、コップ 1 1 3 の側面を手で握った場合、親指 1 1 6 とその他の指 1 1 7 とが光ファイバーシートに触れて圧力が加わる。すると、この圧力が加わった部分にある光ファイバー 1 0 3、1 0 4 の交差部では応力発光材料 1 0 2 から発光が生じ、その交差部の位置が、受光素子 1 1 2、ライン光センサー 1 0 8、集積通信モジュール 1 1 5 により検出されることになる。図 3 6 の場合には、親指 1 1 6 の下の発光点は密接した 4 個、他の指 1 1 7 の下の発光点は密接した 6 個であり、発光点のグループ（集合）の数は 2 である。したがって、この場合、集積通信モジュール 1 1 5 から送信される信号を受信することにより、コップ 1 1 3 を持った手は、親指 1 1 6 に中

指を対向させており、しかも両指をくっつけていることを観測することができる。

【0102】

次に、このコップ113を例えばデスク上に置く場合を考える。ただし、デスク上にも光ファイバーシートを張っておく。この場合、このコップ113はデスク上の部分系として認識される。すなわち、このコップ113がデスク上の光ファイバーシートと接触するとき、コップ113の底面と光ファイバーシートとがその接触部に含まれる光ファイバー交差部において作用／反作用で同時に光る。同時に光った点は同一点として認識することができるので、これにより、コップ113と光ファイバーシートとの相対的な位置合わせを行うことができる。

【0103】

ノイズの除去や、まれな事象として、同時に二つ以上の場所で接触が起きるような場合は、その際の発光強度をモニターして作用／反作用の大きさを見ることにより、正しいペアを同定して、相対位置合わせを行うことができる。

【0104】

また、状況分析を行うこともできる。すなわち、例えば、過って机の角にぶつかったりする時と、机の上にノートブックパソコンを置くような時、あるいは、コップに手をぶつけてしまった時と、コップをつかんで（グラッピング (grabbing)）水を飲むような時には、図37に示すように、圧力の時間変化が特異的に異なる。ミスヒッティング (mis-hitting) の場合は、尖塔状のパターンになるが、そうでない、通常の場合はもっと緩やかになる。

【0105】

また、以下のような状況分析を行うこともできる。すなわち、過って机の角にぶつかったりする時と、机の上にノートブックパソコンを置くような時、あるいは、コップに手をぶつけてしまった時と、コップをつかんで水を飲むような時には、図38に示すように、発光点の数が時間と共に急激に変化する。そうでない通常の場合はそれがもっと緩やかになる。

【0106】

更に、以下のような状況分析を行うこともできる。すなわち、コップに手をぶ

つけてしまった時と、コップをつかんで水を飲むような時には、図39に示すように、発光点の集合（集団）の振る舞いに差が出る。前者は、集団は、ぶつかった点近傍しか発光せず、グループの数は1であるが、つかむような場合は、親指、人差し指、中指、薬指と（メッシュが十分小さく取ってある場合）集団の数が大きいことがわかる。

【0107】

図40はこの発明の第5の実施形態を示す。

この第5の実施形態においては、第4の実施形態を敷衍して、光ファイバーシート（メッシュ）の間隔を大きくしたり小さくしたりすることで、部屋全体のみならず、その中の構造体も含めて、拡大2次元平面化することを考える。すなわち、図40Aに示すように、前壁および左壁にそれぞれ1つの窓があり、後壁に本棚が置かれた部屋の中に机および4脚で背もたれ付きの椅子が置かれており、その椅子に人（ユーザ）が本棚を背にして座っている場合を考える。これらの構造体の全てに上記の光ファイバーシートが張られ、あるいは上記の光ファイバーが織り込まれている。更に、ユーザの手袋、指サック（腕時計に光ファイバーが接続されている）、服や、ズボン、靴下、スリッパなどにも、上記の光ファイバーシートが張られ、あるいは上記の光ファイバーが織り込まれている。このような3次元実配置を図40Bに示すように平面図に展開する。そして、この平面図に展開したものから、図40Cに示すような拡大仮想2次元面写像を得る。

【0108】

以上のようにすることにより、ユーザとユーザの使用する各種のツールとの間の相互作用を、光ファイバー交差部における応力発光という形で逐一モニターすることができる。

【0109】

以上のことをより一般的かつ具体的に説明する。今、上記の部屋という実空間内に合計 N 個のツールがあるとし、それらのうち k 番目のツールに張られた光ファイバーシート（メッシュ） $A_k(i, j)$ （ただし、 $1 \leq k \leq N$ 、 $1 \leq i \leq k^I$ 、 $1 \leq j \leq k^I$ ）をグローバルな拡大2次元平面 (p, q) に張る。これを図41に示す。ここで、 $1 \leq p \leq P (= \sum_{k=1}^N k^I)$ 、 $1 \leq q \leq Q (= \sum_{k=1}^N k^I)$

N_k^I) である。ツールの全体集合を $S_{tot} = \{ (p, q) \mid 1 \leq p \leq P, 1 \leq q \leq Q \}$ と表すと、 $S_{tot} \supseteq \bigcup_{k=1}^N \{ A_k(i, j) \mid 1 \leq i \leq k^I, 1 \leq j \leq k^I \}$ であり、 $\exists i, j, k, \forall \text{vector} \text{im} (S_{tot}) = A_k^0 + D_k(i, j)$ である。ここで、 $D_k(i, j)$ は k 番のツールにおける局所計量、 A_k^0 は k 番目のツールの局所メッシュの原点の S_{tot} における座標である。 S_{tot} の情報量としては、例えば、ツールの種類を 256 種類 (4 面 10 ビット)、相対原点数 (10 ビット)、局所座標 64×64 (12 ビット)、局所計量 5 ビット (例えば、1 mm ~ 3 cm)、応力読み出しビット 5 ビットとすると、計 42 ビット位の情報で済む。余裕を見て 64 ビットとしても 8 バイトである。 $SrAl_2O_4$ の発光減衰の時間スケールからして、10 ms のサンプリングレートでよいとすると、800 Bps の情報読み取り速度でよく、画像処理に比べて要求が極めて緩やかである。

【0110】

上記の部屋の「状況」の一例として、ユーザが椅子に座った瞬間の発光の様子を考える。この場合、例えば、床、椅子の足の下面、脚部、足部にある上記の光ファイバーシートにおける交差部が発光する (図 4 1)。

図 4 2 A は、ユーザが歩行中の左右の足の靴下面の発光および床面 (積分) の発光の時間変化の様子を示す。歩みに合わせて周期的な強度変化が与えられている。

図 4 2 B に模式的に示すように、部位を同定された各部の発光パターンから、ユーザが、歩行している、寝ている、紙コップのコーヒーに手を伸ばしたなどの、体勢変化、意味変化を捉えることができる。

【0111】

このモニタリングには、ビデオ画像情報処理など視覚系情報処理と大きく異なり、陰 (死角) が存在しないことが大きな特徴である。

また、このモニタリングには、LAN (ローカルエリアネットワーク) 系情報通信と大きく異なり、計量が存在する。すなわち、相対位置情報、抗力による束縛情報が織り込み済みの情報処理体系を提供することができる。

【0112】

図4 3に示すように、高次元（ n 次元）空間の中の多様体の変化として（パラメータ空間における相関関係の時間変化が、 n 次元多様体の位置変化、形状変化として現れる）、ユーザとそれを取り巻くあらゆるツール、環境との接触情報（機械的）相互作用をデータ処理することができる。すなわち、意味空間情報処理、状態・状況空間情報処理を行うことができる。図4 3中、 X_i （ $i = 1 \sim N$ ）が n 次元空間における状態ベクトルを示し、楕円体が n 次元多様体を示す。

【0113】

設置などの時点の情報を基に、束縛情報空間は相対位置が初期設定済みであること、計量が存在すること、相互作用による発光は対発生の形をとること、力の大きさ情報も読み込めるので、作用／反作用マッチングもエラー訂正として使えること等、従来の、ビデオ画像による状況分析と大きく異なる優位性がある。

【0114】

図4 4に、高次元（ n 次元とする）空間の中の多様体の変化を利用した演算の例を示す。例えば、モバイル型パーソナルコンピュータ（PC）の持ち運び中、机上設置、オープン、クローズ、持ち去りのステップを考える。この各ステップに応じて、応力発光信号が、机表面、指、コンピュータ底面、コンピュータ上蓋（外）、コンピュータ上蓋（内）に生ずる。簡単のため、今、各構造物に1ビット割り振ることにする。もちろん、各構造物には、強度情報からと二次元配列性からとの2重の意味で、当然マルチビット割り振ることができる。このとき、5ビットの情報、例えば（00101）でコンピュータの机上設置というイベントが発生していることが分かる。種々のイベントに対して、図4 4のように、状態ベクトル $X(t) = \{1010 \cdots 1011\}$ を割り振ることができる。具体的には、持ち運び中は（00000）であるが、机上設置では（00101）、オープン時は（01010）、クローズ時は（11111）、持ち去り時は（01110）である。

【0115】

以上のことを用いて、例えば図4 5に示すように、家庭内「放送」、すなわち例えばホームサーバーなどからの送信を、状態ベクトル $X(t)$ を暗号解読キーとして（言い換えれば、 $X(t)$ をフラグとして）、隣家に漏れることなく行う

ことができる。この状態ベクトルはユーザにとっての意味空間をなしている。

【0116】

一方、デジタル機器 i の内部では演算が (CPU の内部空間: Y_i 空間で) 実行されているが、ユーザの状態ベクトル $X(t)$ と Y_i とから、拡張された演算の基底を形成すると、ユーザ意味空間がある条件を満たした時のみ、ある一定の演算を行うように設定することができる。すなわち、今、 F_i をツール i の実現機能 (デジタル空間での演算)、 Y_i をツール i の CPU の内部空間 (情報処理空間) とすると、計量空間と非計量空間との合体演算の基底として、 $\{X(t), Y_i\}$ を得ることができる。これは 1 行 n 列の行列 (ベクトル) である。ただし、 $n = \dim(X(t)) + \dim(Y_i)$ である。応用例の一例を挙げると、「条件」が「真」であれば、 F_i をオンする。例えば、その条件が、ツール i がユーザから距離 L 以内であることである場合には、その条件が真、すなわちツール i がユーザから距離 L 以内であればツール i の実行を許可するということである。

【0117】

以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0118】

例えば、上述の実施形態において挙げた数値、構造、形状、材料、プロセスなどはあくまでも例に過ぎず、必要に応じて、これらと異なる数値、構造、形状、材料、プロセスなどを用いてもよい。

【0119】

例えば、上述の第 2 および第 3 の実施形態においては、光ファイバー 103 上に光ファイバー 104 が載せられた構造になっているが、これに限定されず、通常の布地の織物で用いられているような各種の編み方を用いてもよい。

【0120】

また、この発明による光ファイバーシートは、例えば、自動車のバンパーなどに用いて、後退時の接触情報などのセンサーとして用いることができる。更に、

屋内のみならず、橋や、屋根、その他の建造物の破壊や振れなどの予兆の検出器としても用いることができる。この場合、応力発光を利用するので、消費電力は振れなどの異常そのものから供給される（かつフォトディテクタも逆バイアスなので消費電力は極めて小さい）ため、全系も低消費電力システムとして運用することができる。

【0121】

また、この発明による光ファイバーを織り込んだ衣服、手袋、インテリジェント腕時計結合指サックにより、仕種データベース、手話、指話の自動翻訳もできる。

【0122】

また、上記の触覚的 (tactile) 入力システムにより、相互作用コーディネートを形成する。これに基づき、高度情報処理、高度機器制御ができる。原理的に、陰がないシステムを構築することができる。視覚的には隠れたところでも、相互作用があれば、検知することができる。計量空間と非計量空間との合体が実現する。そして、真にユーザフレンドリーなユビキタスネットワーク (Ubiquitous Value Network, UVN) の実現が可能となる。

【0123】

また、ユビキタスタッチセンサー (Ubiquitous Touch Sensor, UTS)、大面積域、相関処理装置ならびにシステムの実現が可能となる。更に、ビジョンベース認識 (Vision-based cognition)、画像情報処理と違ってメモリを消費しないコンピュータの予測モデルと結合できる。データベースと結合できる。データマインニングと共存できるなど、高度演算機能と両立することができる。

【0124】

相互作用を信号対発生による2項関係にて検知することにより、体勢変化、意味変化を検知できる。UVNにおいて、通信に加えて、状況判断能を与えることができる。

【0125】

更に、この発明は、自然に取り込まれる。オンフック情報などを、鍵として通信のフラッグとする。オンフック情報でスクランブル解除して利用することで、

サブスクライバー同定問題を解決することができる。また、迷惑通信などを回避することができる。

【0126】

更に、以上の計量の組み込まれた状況判断などを使うと、室内LANにおけるデジタル放送／受信などについて、束縛を与えることができ、隣家への情報漏れ等の問題も回避できる。

【0127】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、フレキシブルで大面積への適用も容易な光導波路、光導波路装置、機械光学装置、検出装置、情報処理装置、入力装置、キー入力装置および繊維構造体を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

固相反応による $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ セラミックス粉末の合成プロセスの各段階におけるX線回折図形を示す略線図である。

【図2】

固相反応による $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ セラミックス粉末の合成プロセスの各段階におけるX線回折図形を示す略線図である。

【図3】

固相反応による $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ セラミックス粉末の合成プロセスの各段階におけるX線回折図形を示す略線図である。

【図4】

固相反応による $\text{SrAl}_2\text{O}_4 : \text{Eu}$ セラミックス粉末の合成プロセスの各段階におけるX線回折図形を示す略線図である。

【図5】

この発明による複合材料シートを折り曲げた際のシートからの発光の様子を説明するための図面代用写真である。

【図6】

触れると発光する材料を人工皮膚として用いたエンターテインメント用ロボッ

トを示す略線図である。

【図 7】

SrAl_2O_4 : Eu 粉末とポリエステル樹脂との複合材料シートにおける SrAl_2O_4 : Eu 粉末の重量比率と発光強度との相関を示す略線図である。

【図 8】

SrAl_2O_4 : Eu 粉末とポリエステル樹脂との複合材料シートおよび SrAl_2O_4 : Eu + Dy 粉末と樹脂との複合材料シートの残光特性を示す図面代用写真である。

【図 9】

SrAl_2O_4 : Eu 粉末の紫外線励起発光スペクトルおよびその残光特性を示す略線図である。

【図 10】

SrAl_2O_4 : Eu + Dy 粉末の紫外線励起発光スペクトルおよびその残光特性を示す略線図である。

【図 11】

SrAl_2O_4 : Eu の発光に関するバンド描像を示す略線図である。

【図 12】

この発明による複合材料シートへの圧力の印加・解放による可逆的発光特性の観察結果を示す図面代用写真である。

【図 13】

この発明による複合材料シートを超音波振動をしているホーンに接触させた際の発光の様子を示す図面代用写真である。

【図 14】

この発明による複合材料シートを超音波振動子上に載せ、超音波振動子をオン／オフさせた際の発光の様子を示す図面代用写真である。

【図 15】

この発明による複合材料を用いた人工皮膚システムを概念的に示す略線図である。

【図 16】

この発明による人工皮膚を用いたエンターテインメント用ロボットを示す略線図である。

【図 1 7】

スポンジ状あるいはネットワーク状の応力発光材料を利用した人工発色皮膚を示す略線図および図面代用写真である。

【図 1 8】

この発明による無機・有機ハイブリッド材料の構造を示す略線図である。

【図 1 9】

この発明による無機・有機ハイブリッド材料によるシートの柔軟性を示す略線図である。

【図 2 0】

蛍光性物質と圧電材料とを融合させた発光素子の製造方法を示す略線図である。

【図 2 1】

蛍光性物質と表面弾性波材料とを融合させた発光素子の製造方法を説明するための略線図である。

【図 2 2】

MOSFET 一体型発光素子を示す断面図である。

【図 2 3】

図 2 2 に示す MOSFET 一体型発光素子を用いたアクティブマトリックスによる二次元発光素子を示す略線図である。

【図 2 4】

圧電セラミックス微結晶の粒界に応力発光材料が設けられた複合材料を示す略線図である。

【図 2 5】

図 2 4 に示す複合材料を用いた発光素子の動作を説明するための略線図である。

【図 2 6】

アクチュエータ基板上にインクジェット方式で応力発光ドットを形成した発光

素子を示す略線図である。

【図 2 7】

超音波による道路標識発光システムを示す略線図である。

【図 2 8】

この発明による人工皮膚を示す略線図である。

【図 2 9】

この発明の第 1 の実施形態による入力装置において用いられる光ファイバーを示す略線図および断面図である。

【図 3 0】

この発明の第 1 の実施形態による入力装置を示す略線図である。

【図 3 1】

この発明の第 1 の実施形態による入力装置における光ファイバーの交差部の断面図である。

【図 3 2】

この発明の第 1 の実施形態による入力装置の動作方法を説明するための略線図である。

【図 3 3】

この発明の第 1 の実施形態による入力装置における応力発光材料の発光強度および圧力／応力の時間変化を示す略線図である。

【図 3 4】

この発明の第 2 の実施形態によるキー入力装置を示す略線図である。

【図 3 5】

この発明の第 3 の実施形態によるキー入力装置を示す略線図である。

【図 3 6】

この発明の第 4 の実施形態を示す略線図である。

【図 3 7】

この発明の第 4 の実施形態における圧力と時間との関係を示す略線図である。

【図 3 8】

この発明の第 4 の実施形態における発光点の数と時間との関係を示す略線図で

ある。

【図39】

この発明の第4の実施形態における発光点の集団の数と時間との関係を示す略線図である。

【図40】

この発明の第5の実施形態を示す略線図である。

【図41】

この発明の第5の実施形態を示す略線図である。

【図42】

この発明の第5の実施形態の動作を説明するための略線図である。

【図43】

n次元空間の中の多様体を示す略線図である。

【図44】

計量空間と非計量空間との合体の例を示す略線図である。

【図45】

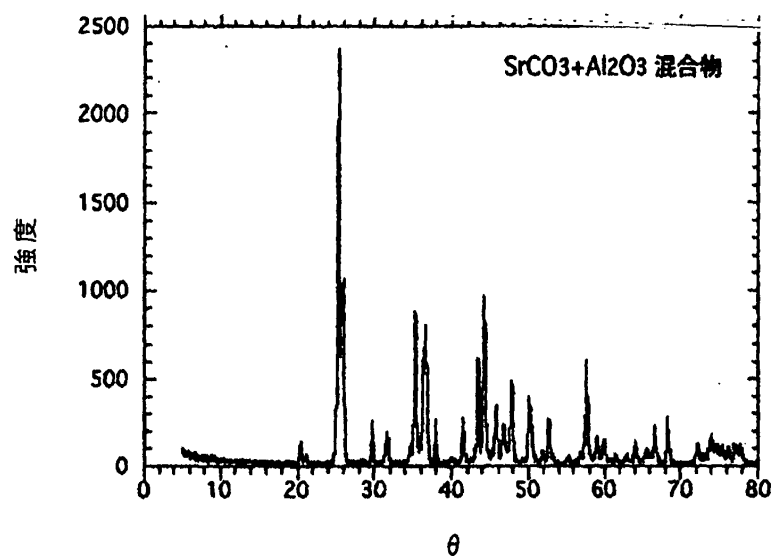
家庭内放送の例を示す略線図である。

【符号の説明】

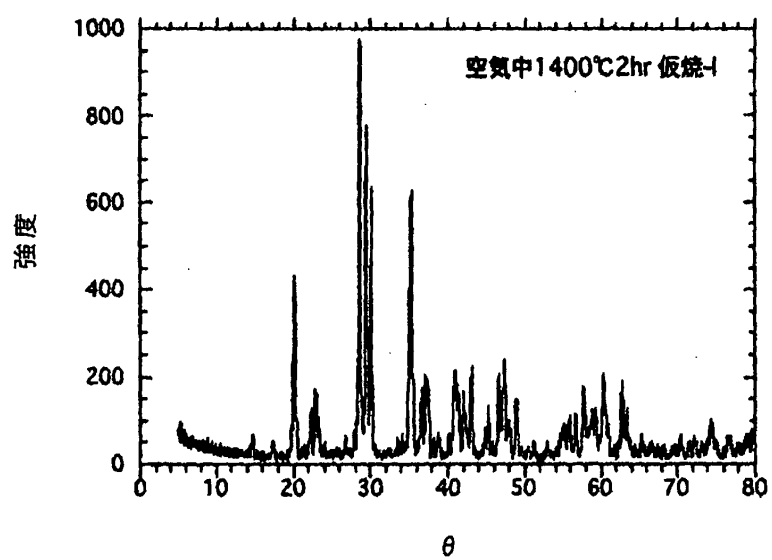
11、21・・・Si基板、13・・・下部電極、14、23、38・・・圧電薄膜、15・・・上部電極、16、26、41・・・応力発光層、18・・・上部透明電極層、24、25、39、40・・・櫛形電極、51・・・PZT微結晶、52・・・ $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ 、53・・・セラミックス材料、54、55・・・電極、61・・・アクチュエータ基板、62・・・応力発光ドット、63・・・アクチュエータ材料、101、103、104・・・光ファイバー、102・・・応力発光材料

【書類名】 図面

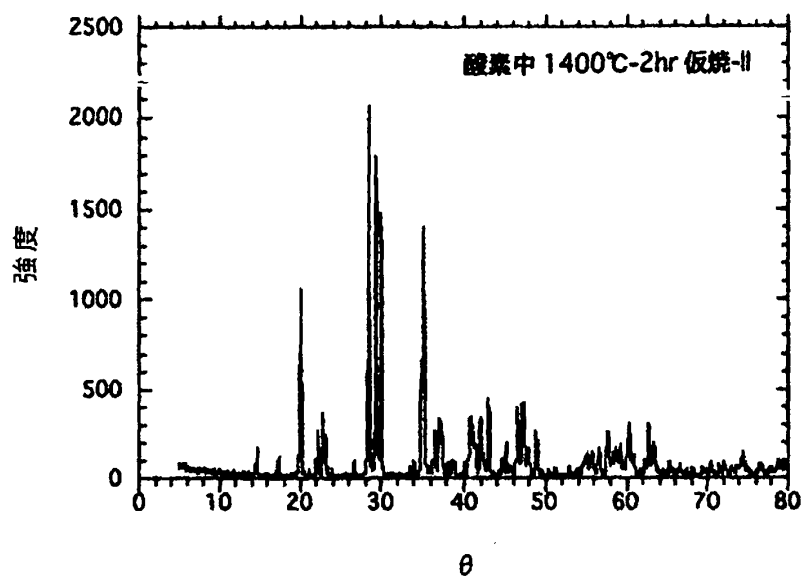
【図1】



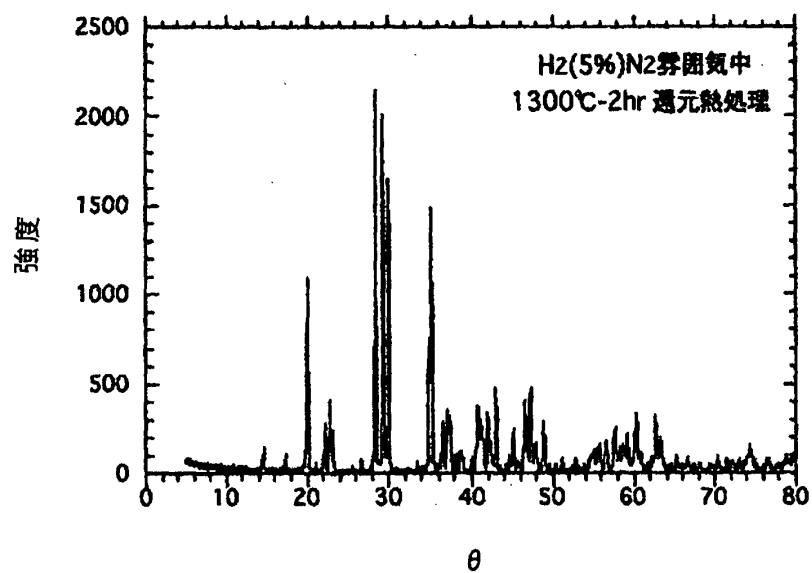
【図2】



【図 3】

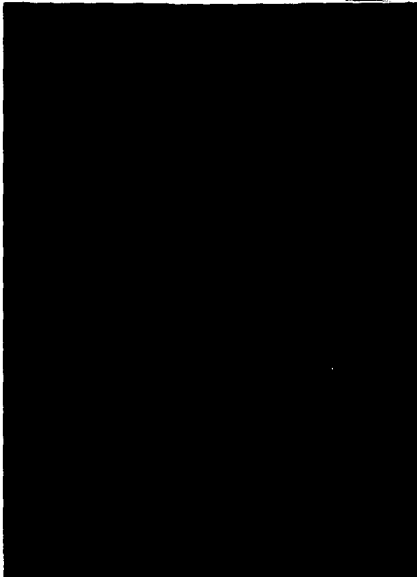


【図 4】

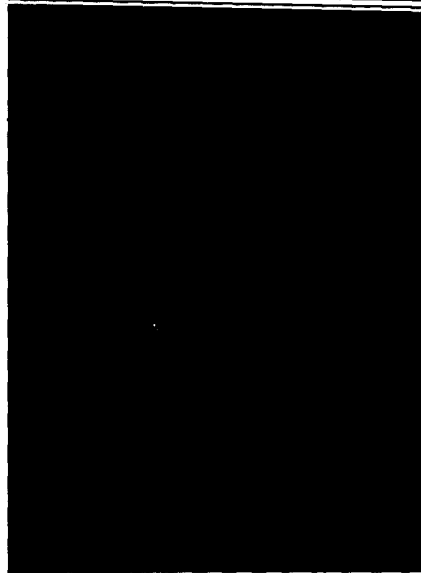


【図5】

B



D

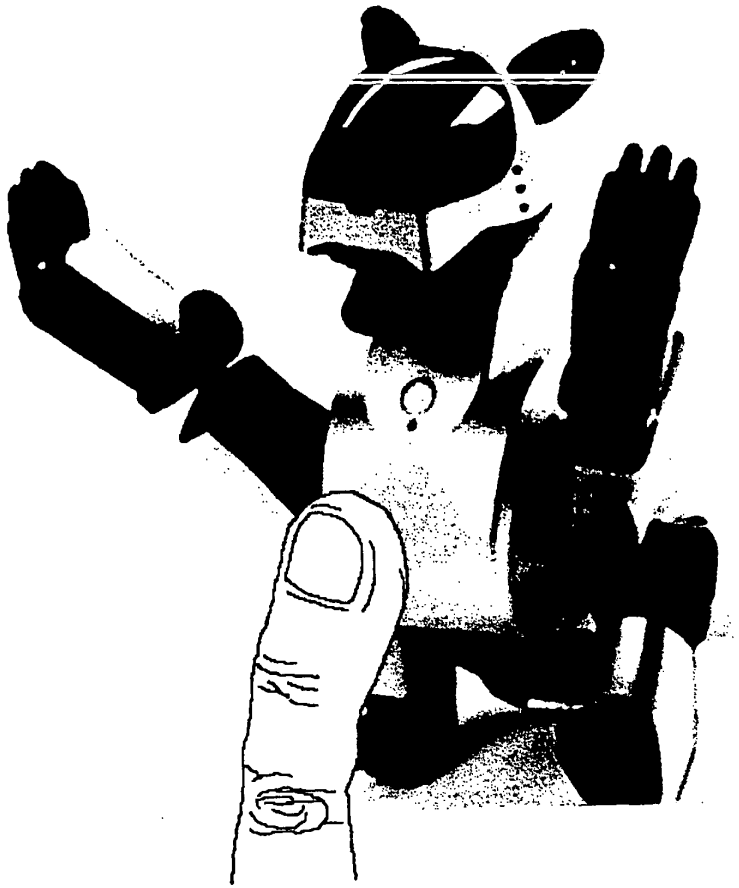


A

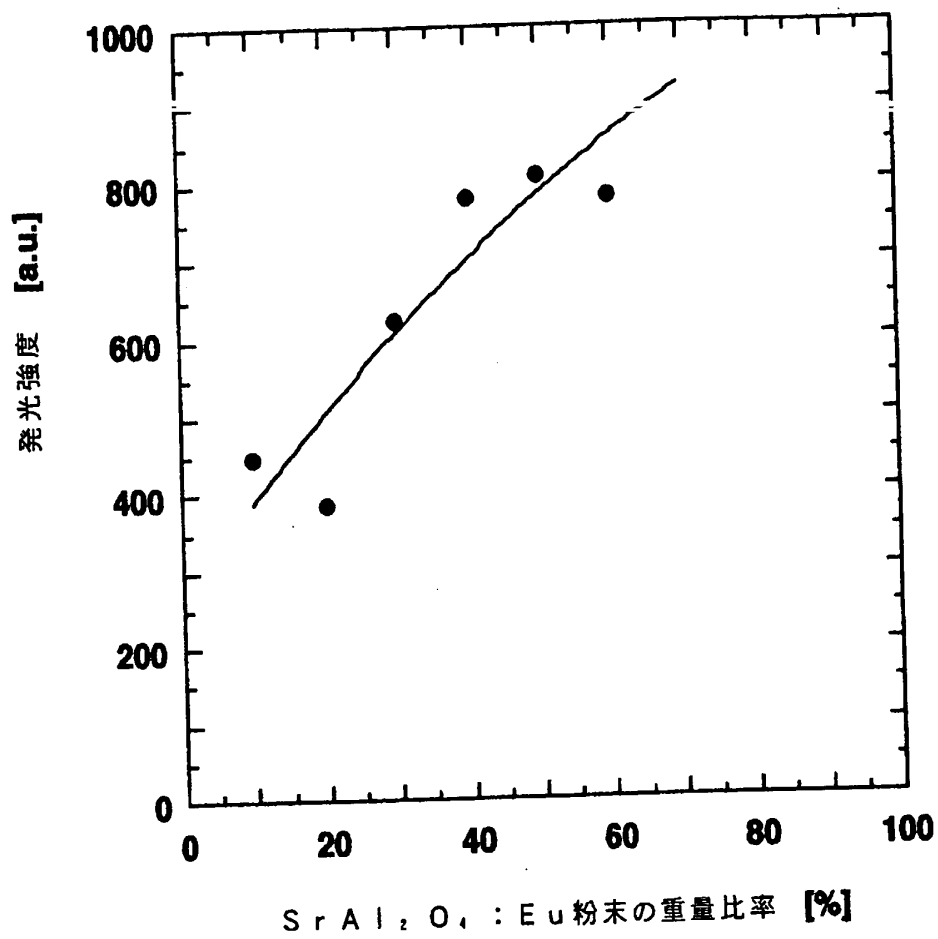
C



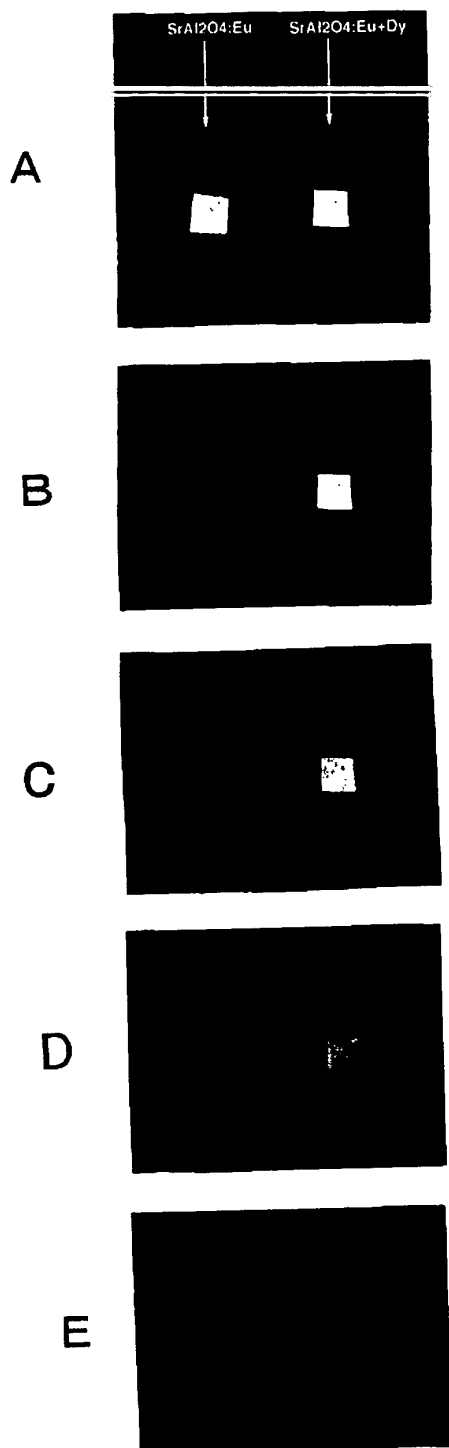
【図6】



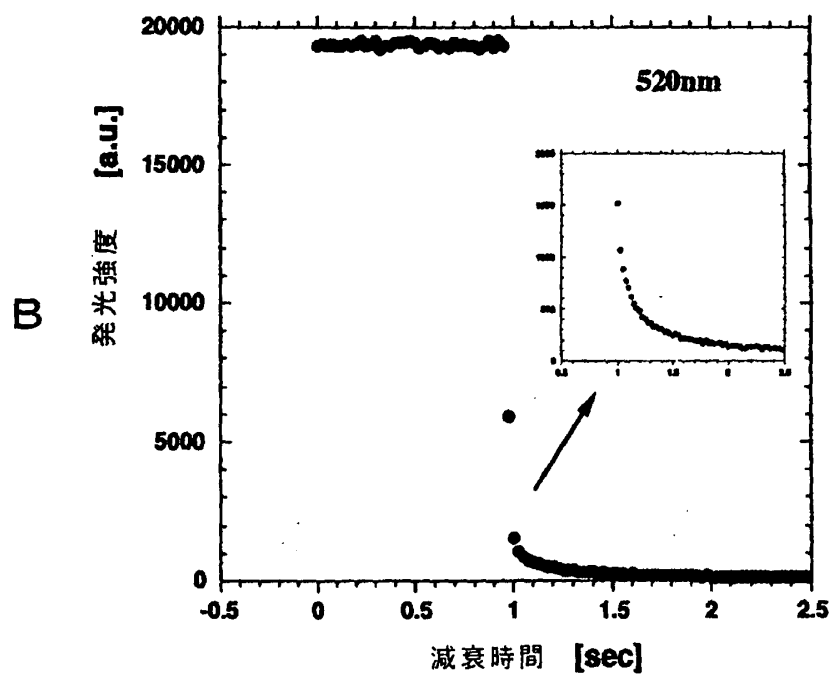
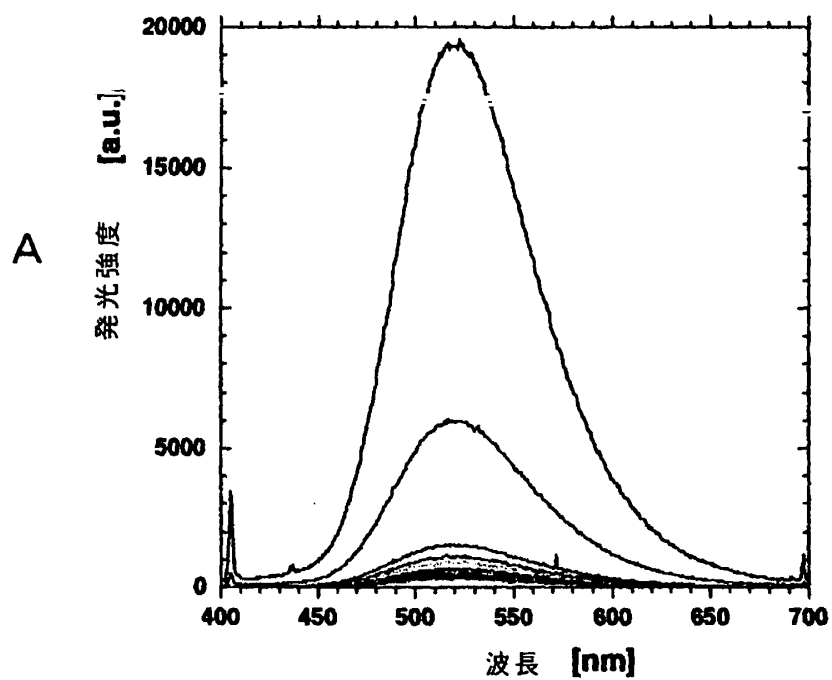
【図7】



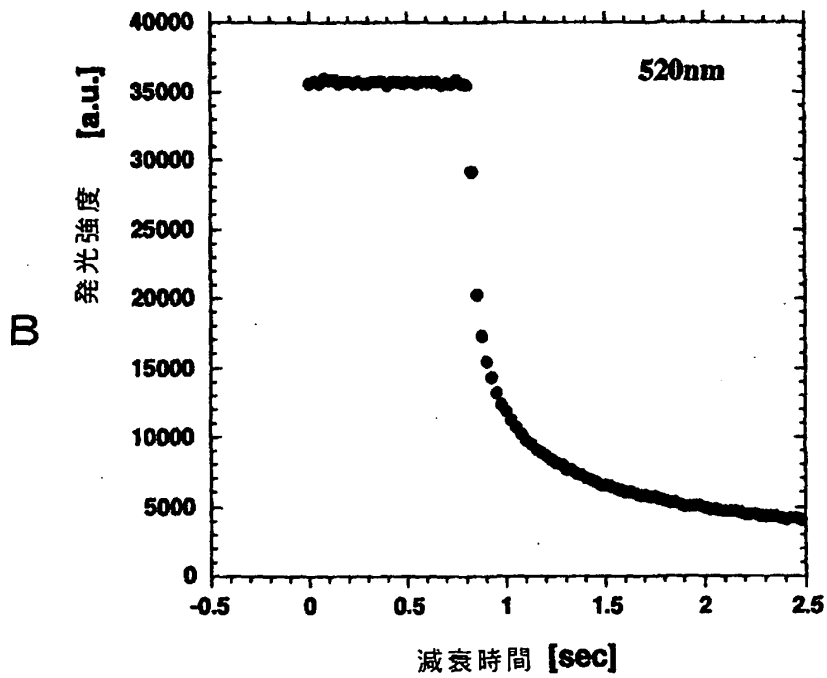
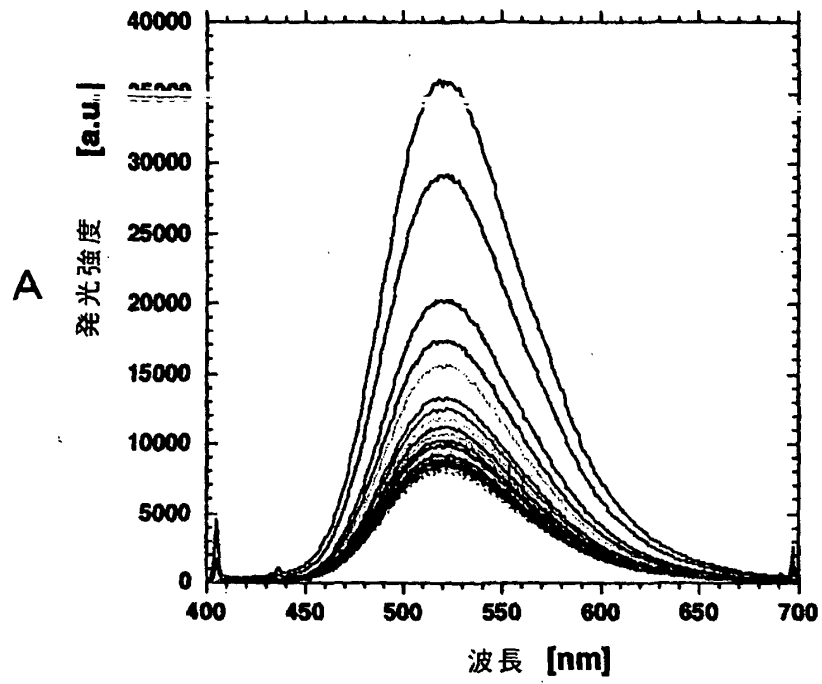
【図 8】



【図9】

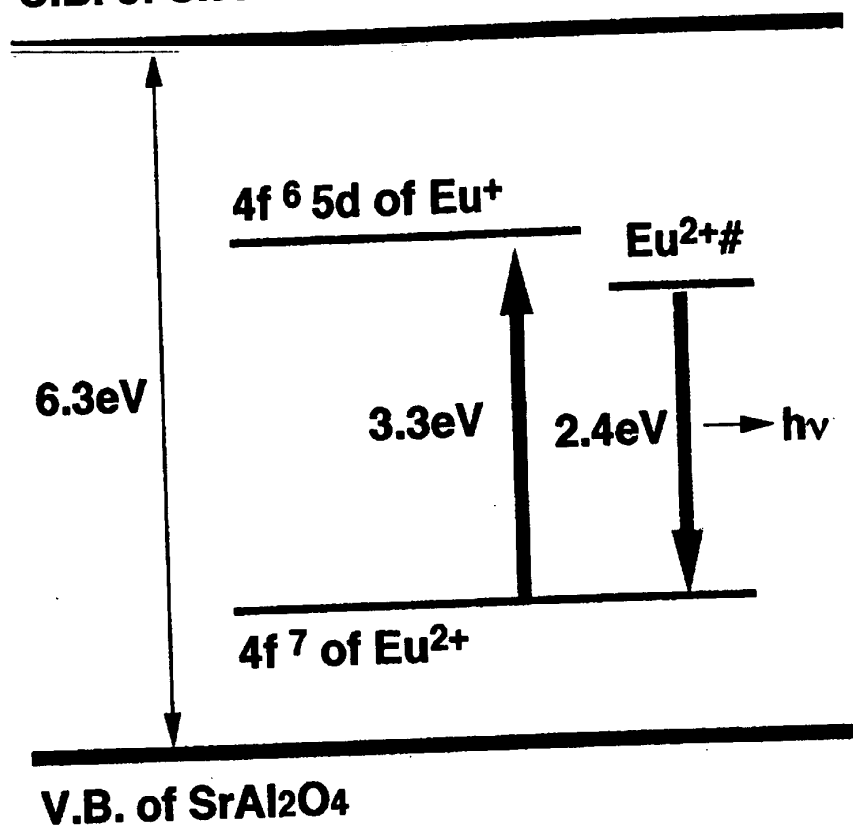


【図10】



【図 11】

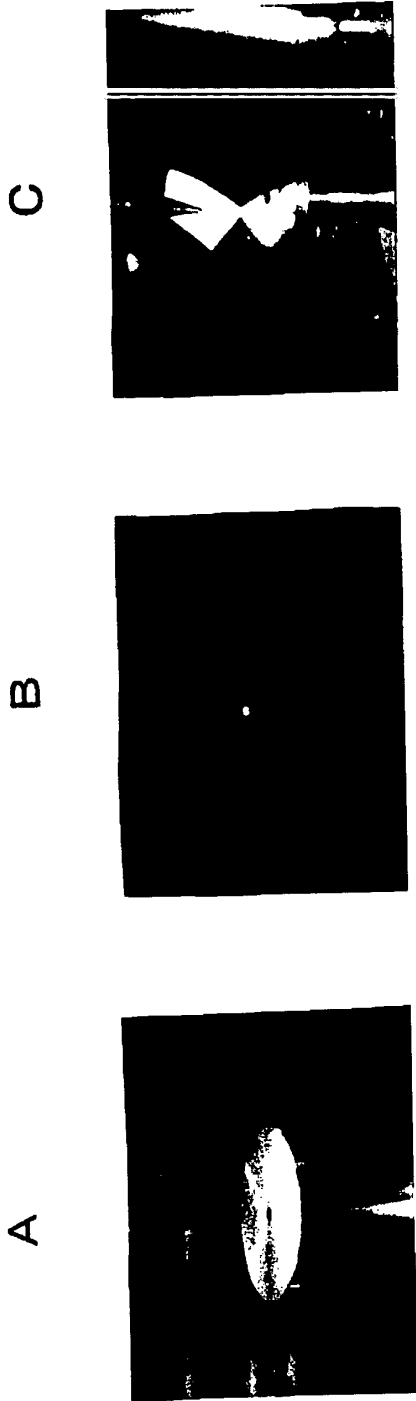
C.B. of SrAl_2O_4



【図 12】



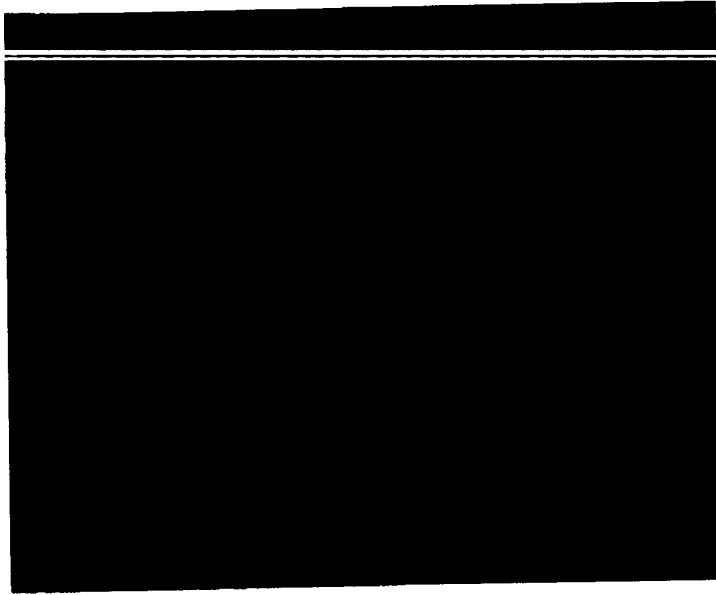
【図13】



【図14】

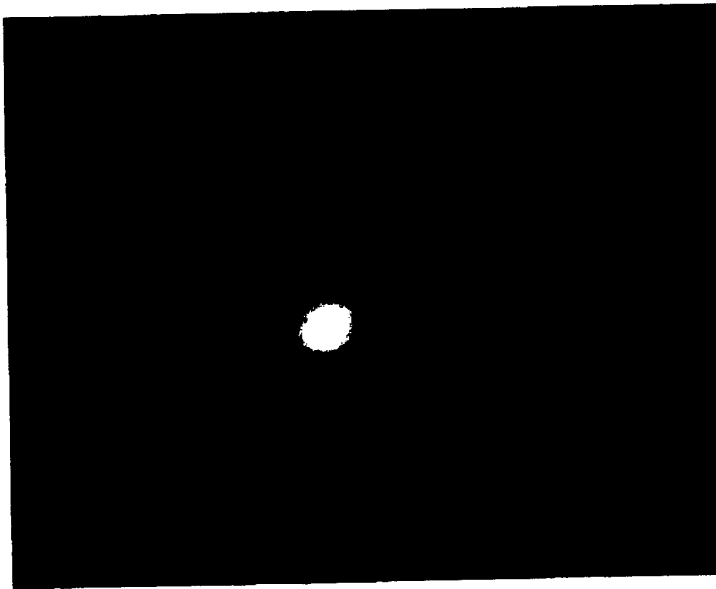
Off 状態

A

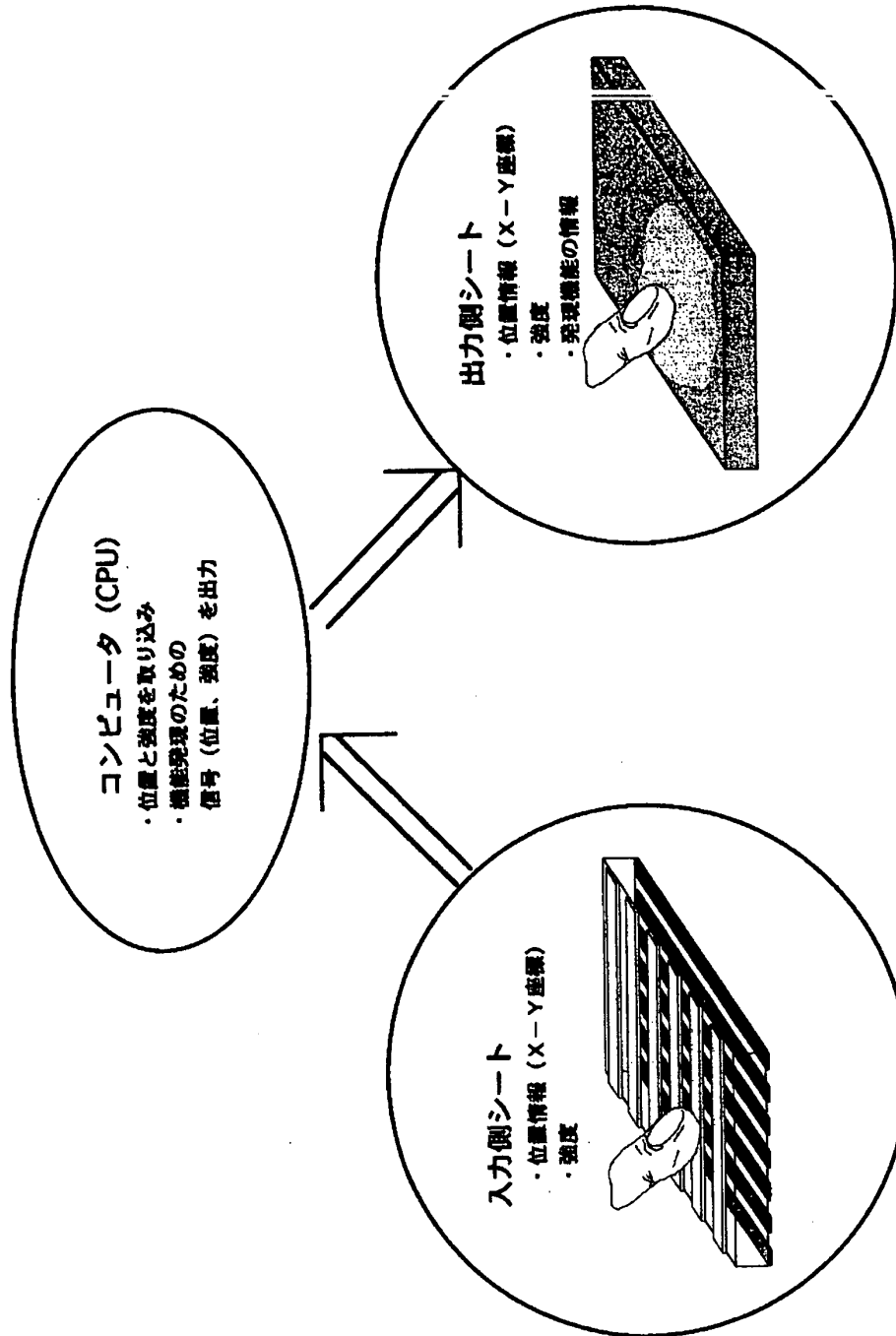


On 状態

B



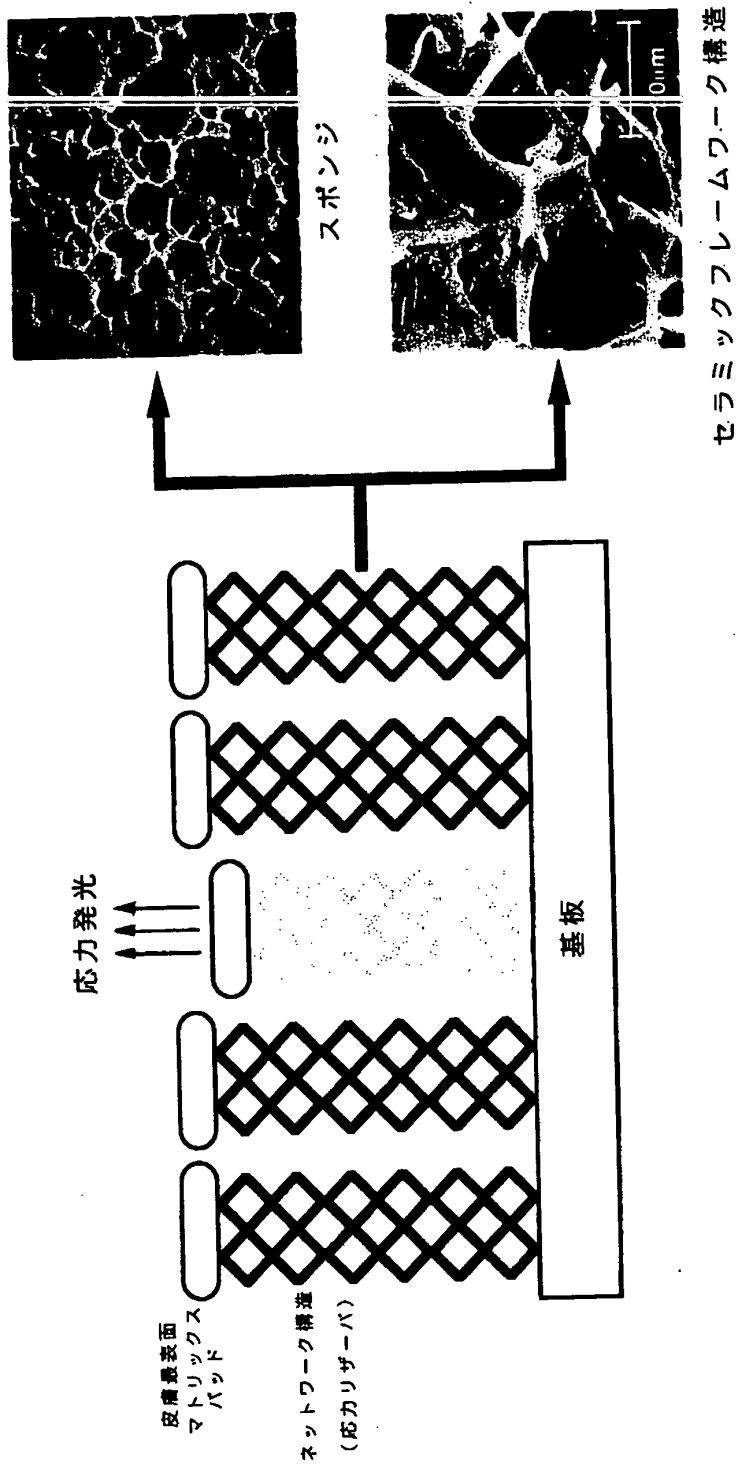
【図15】



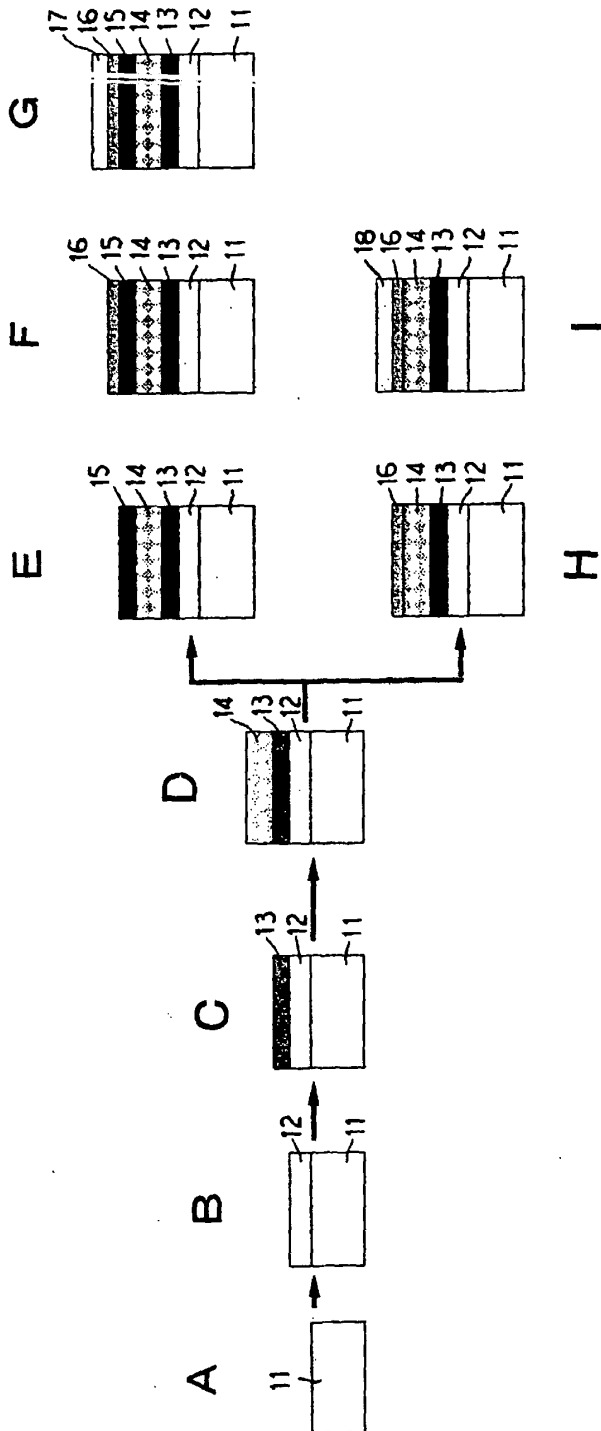
【図16】



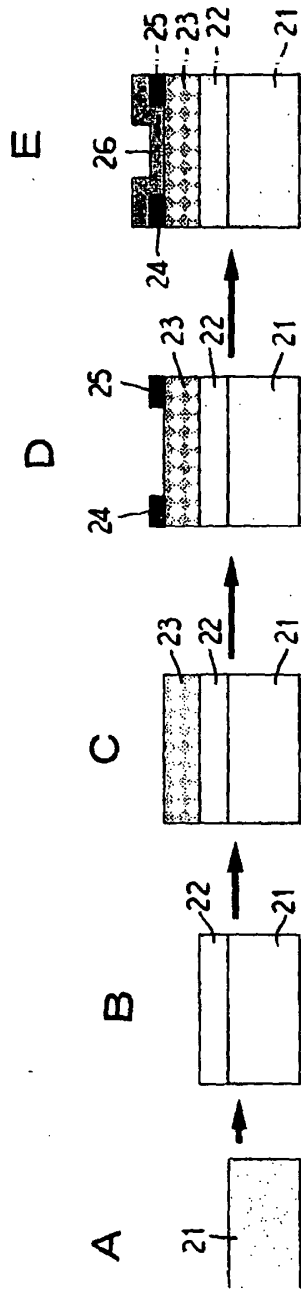
【图 17】



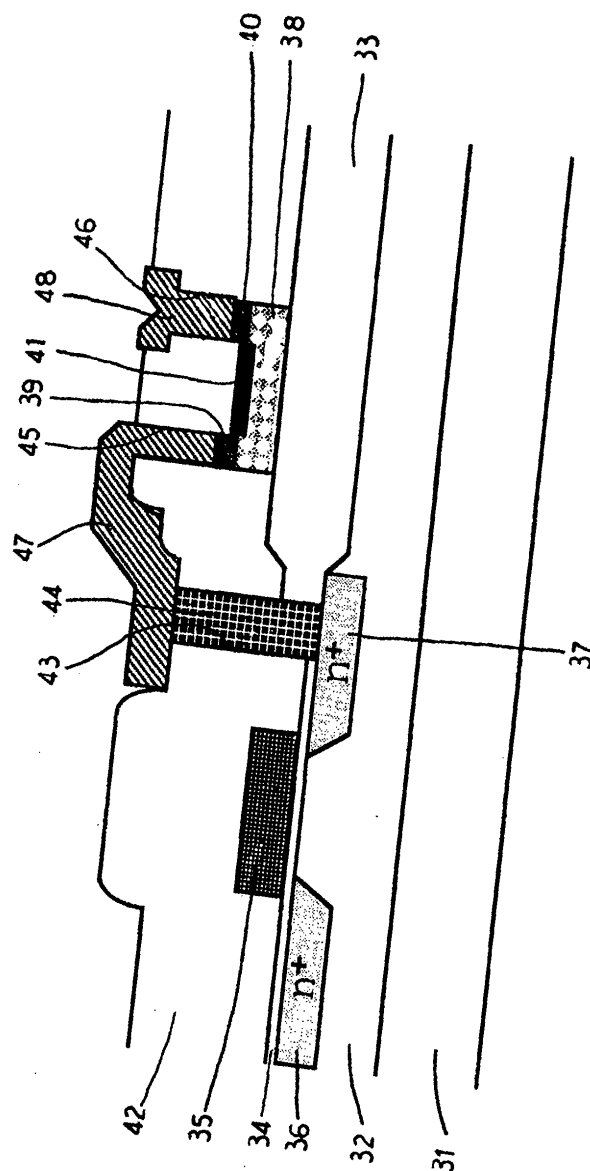
【図20】



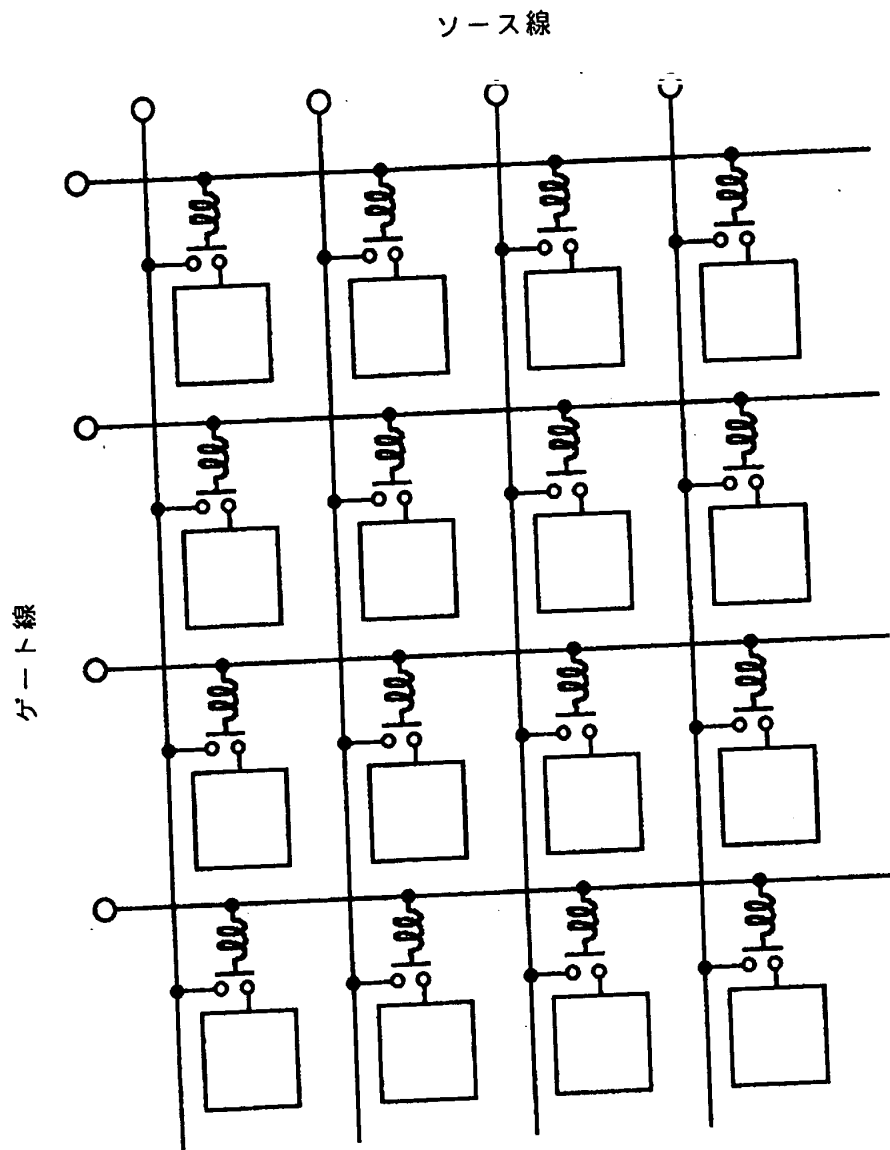
【図 21】



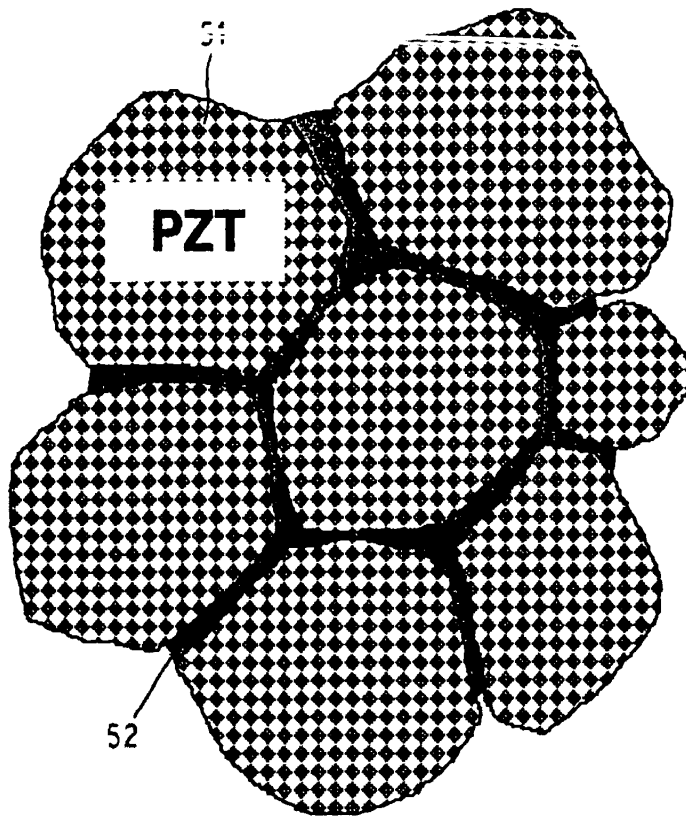
【図22】



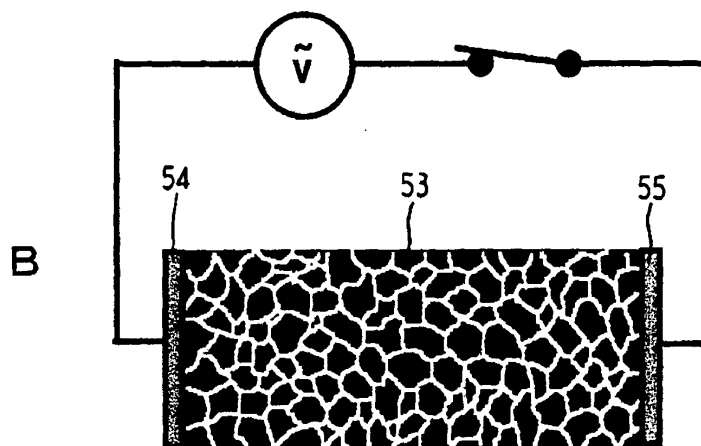
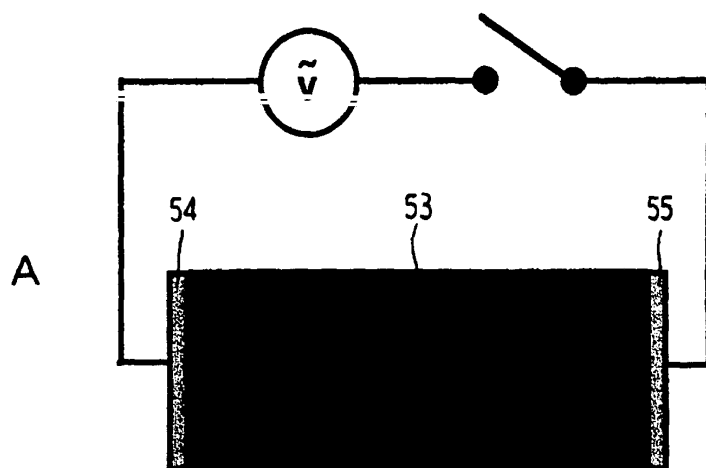
【図 23】



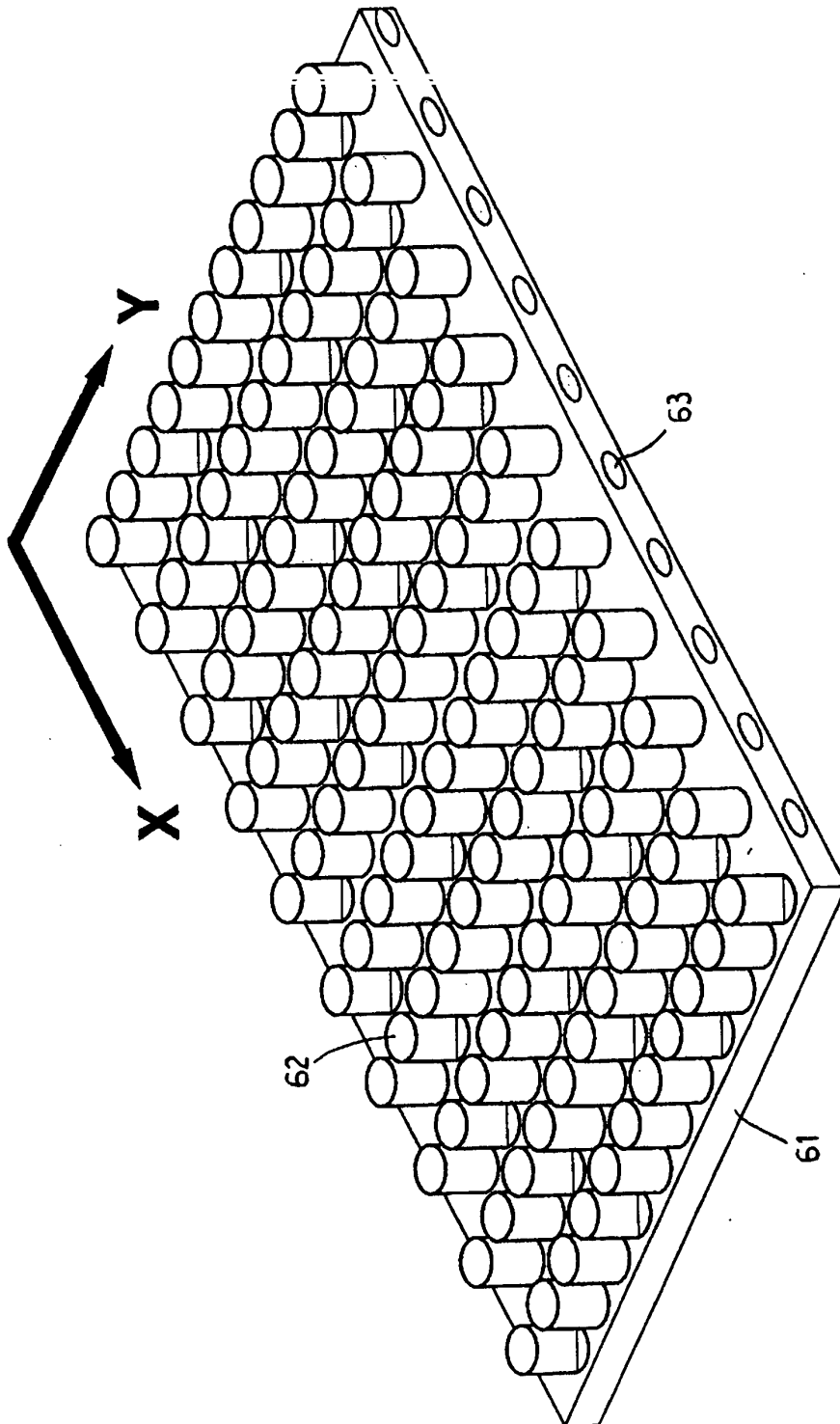
【図24】



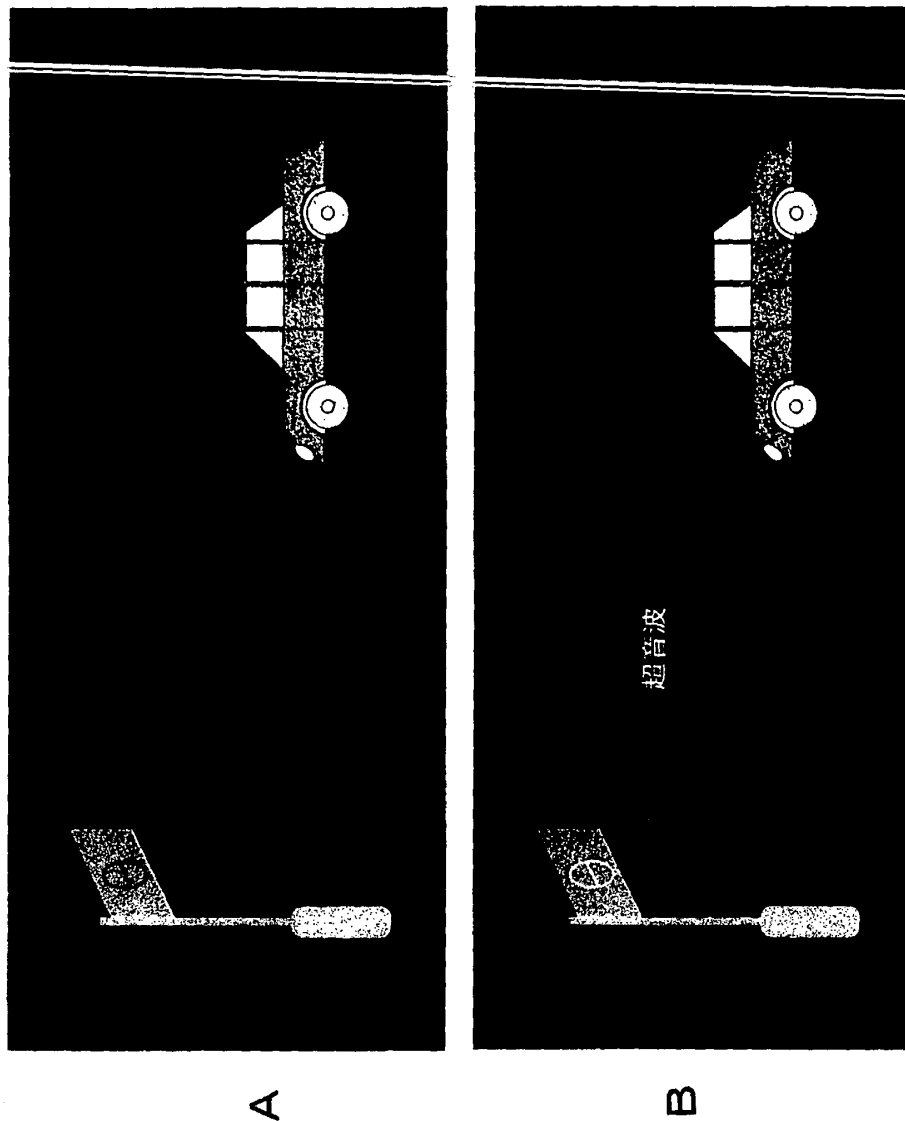
【図 25】



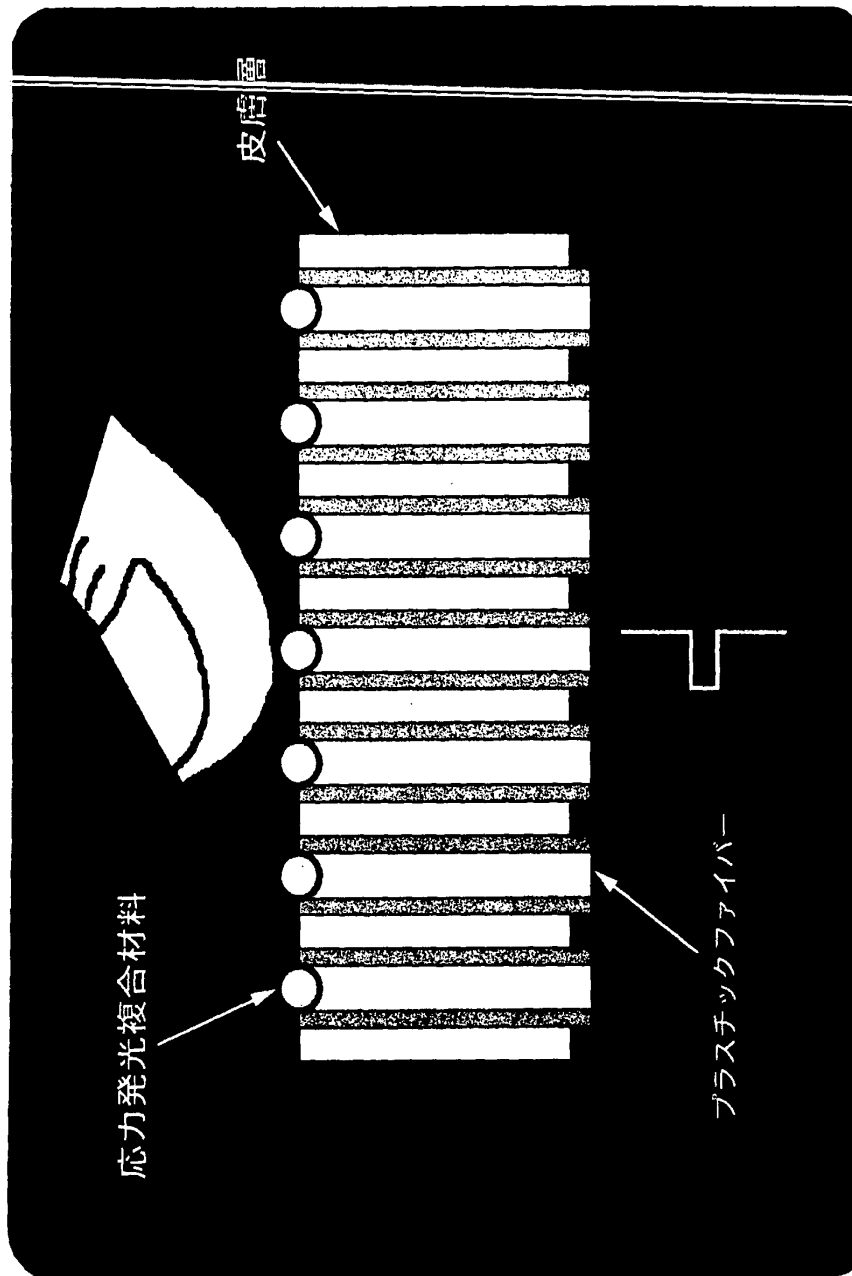
【図 26】



【図27】

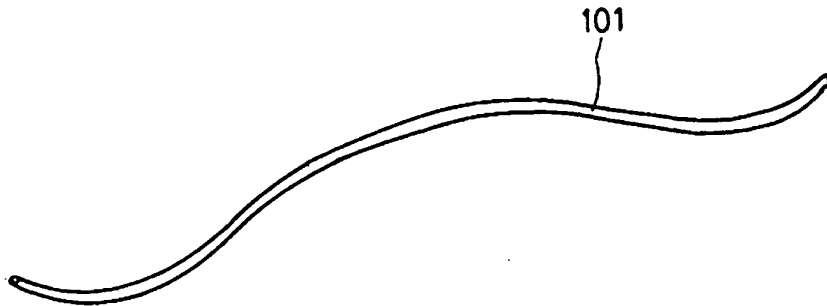


【図28】

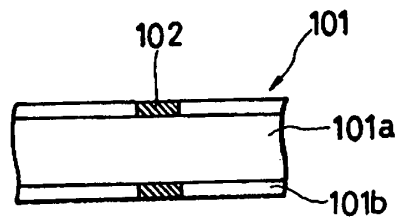


【図29】

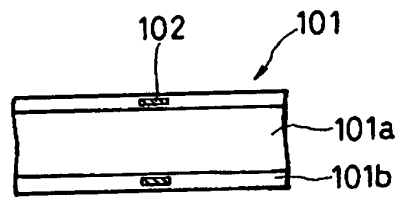
A



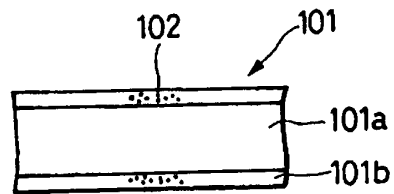
B



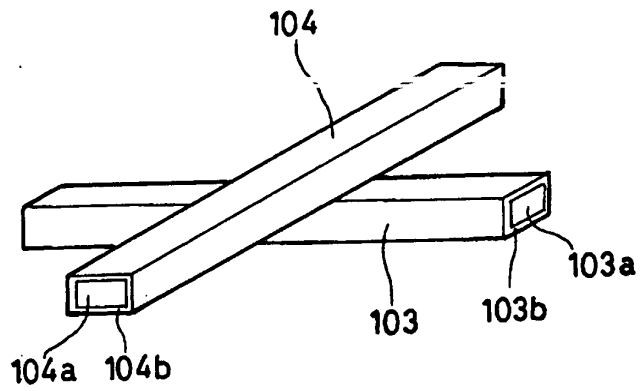
C



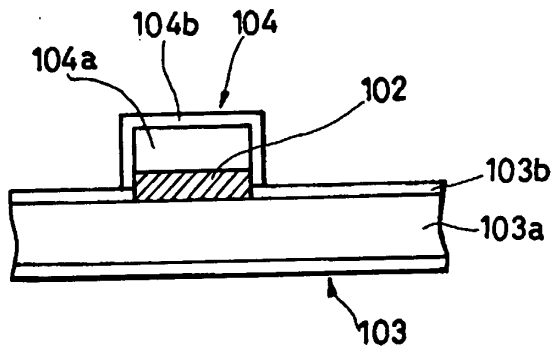
D



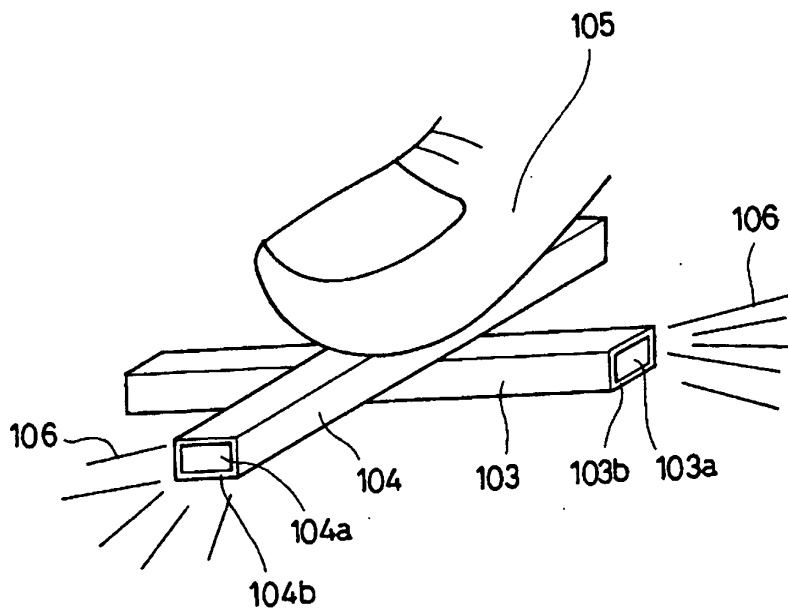
【図 30】



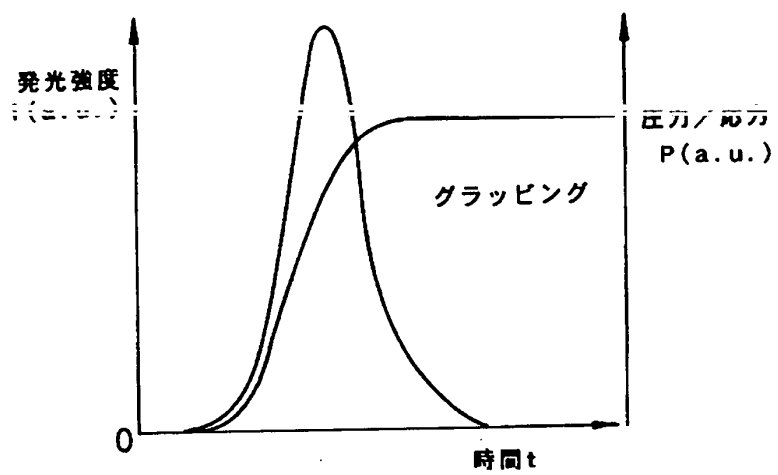
【図 31】



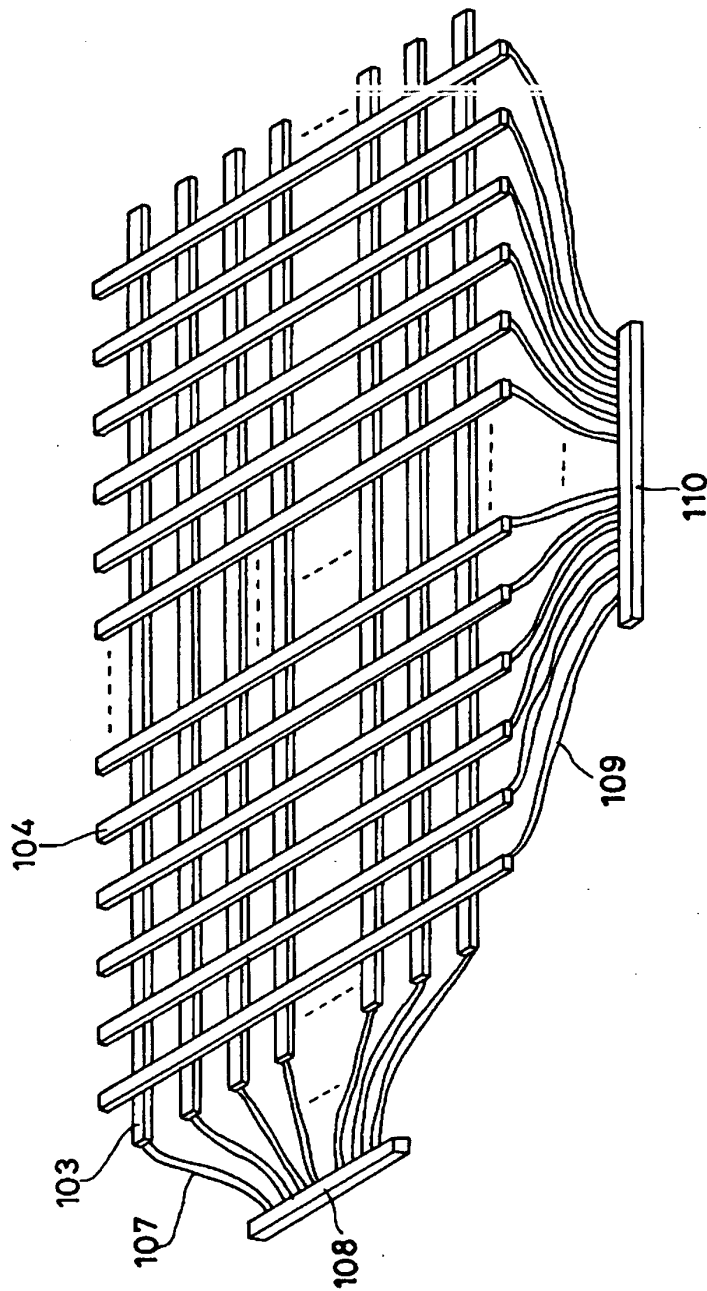
【図 32】



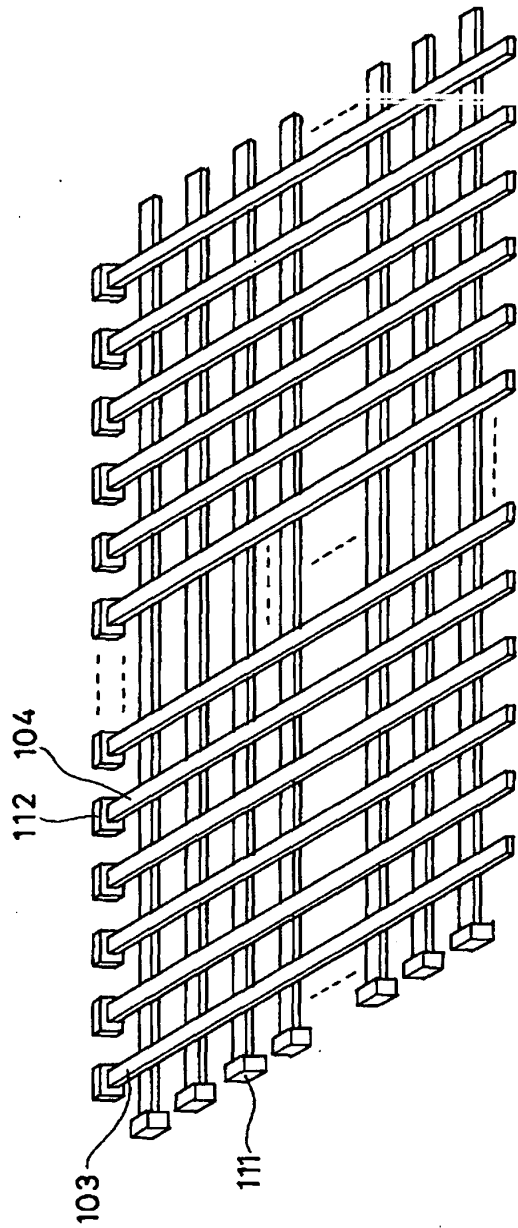
【図33】



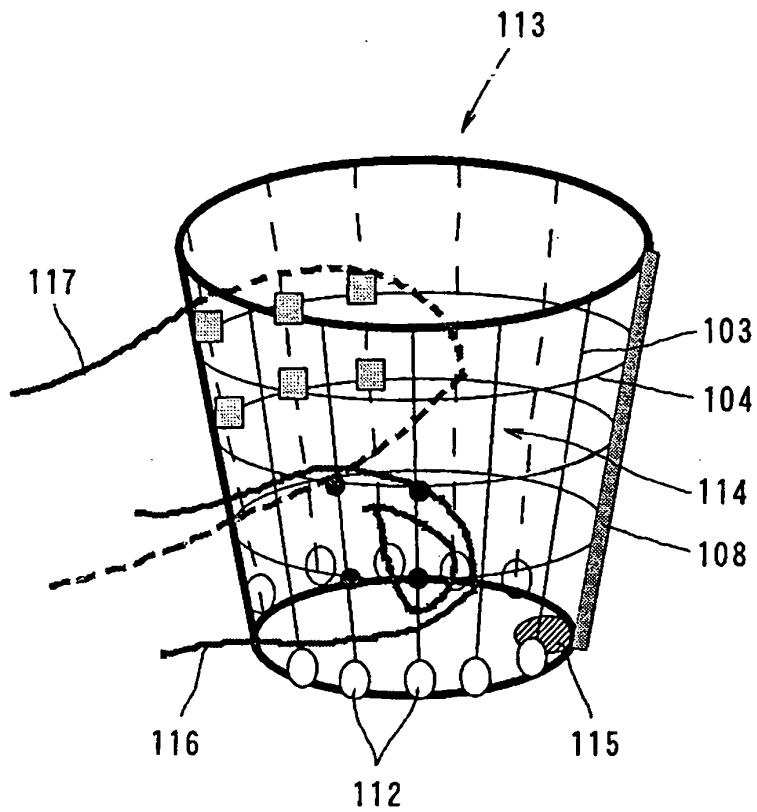
【図34】



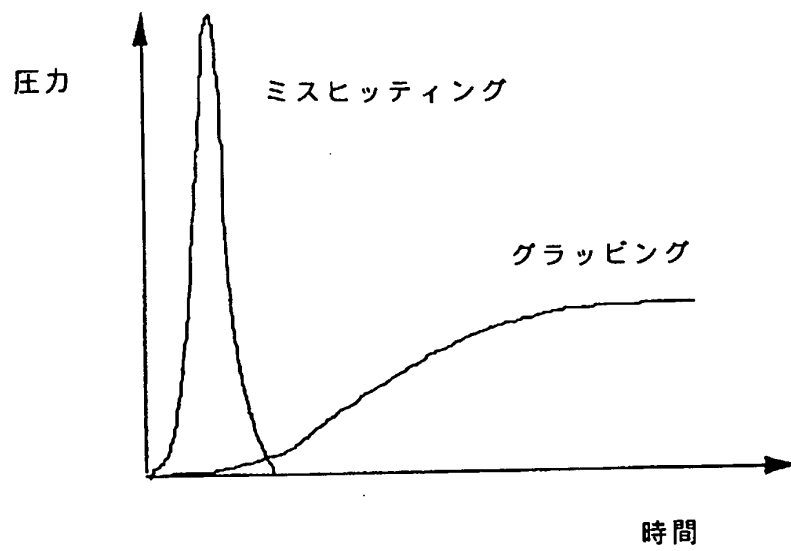
【図 3 5】



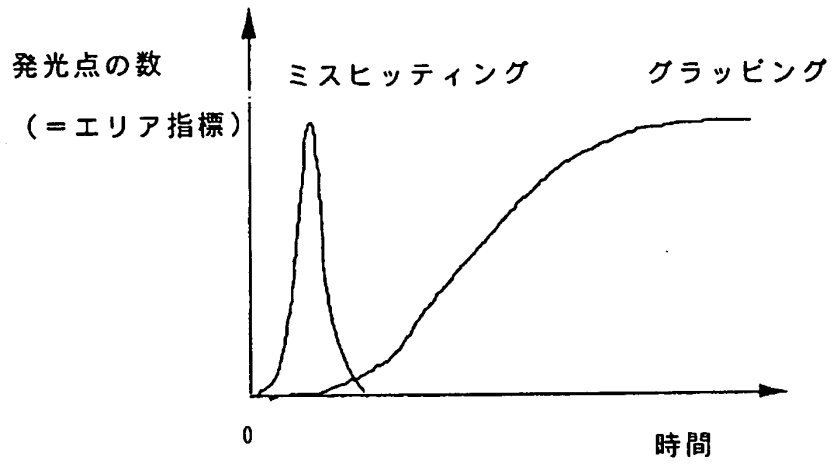
【図36】



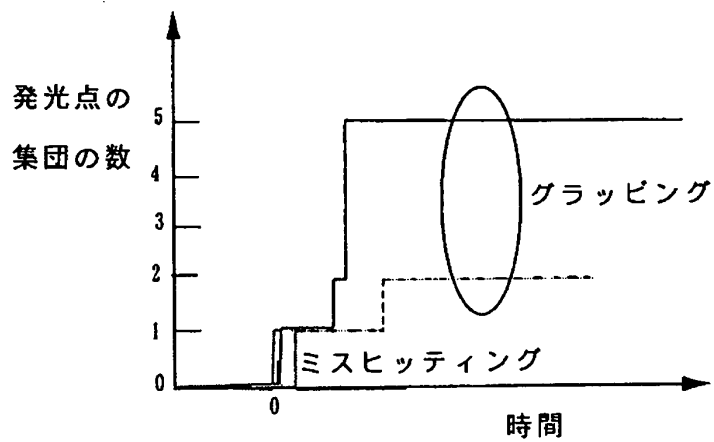
【図37】



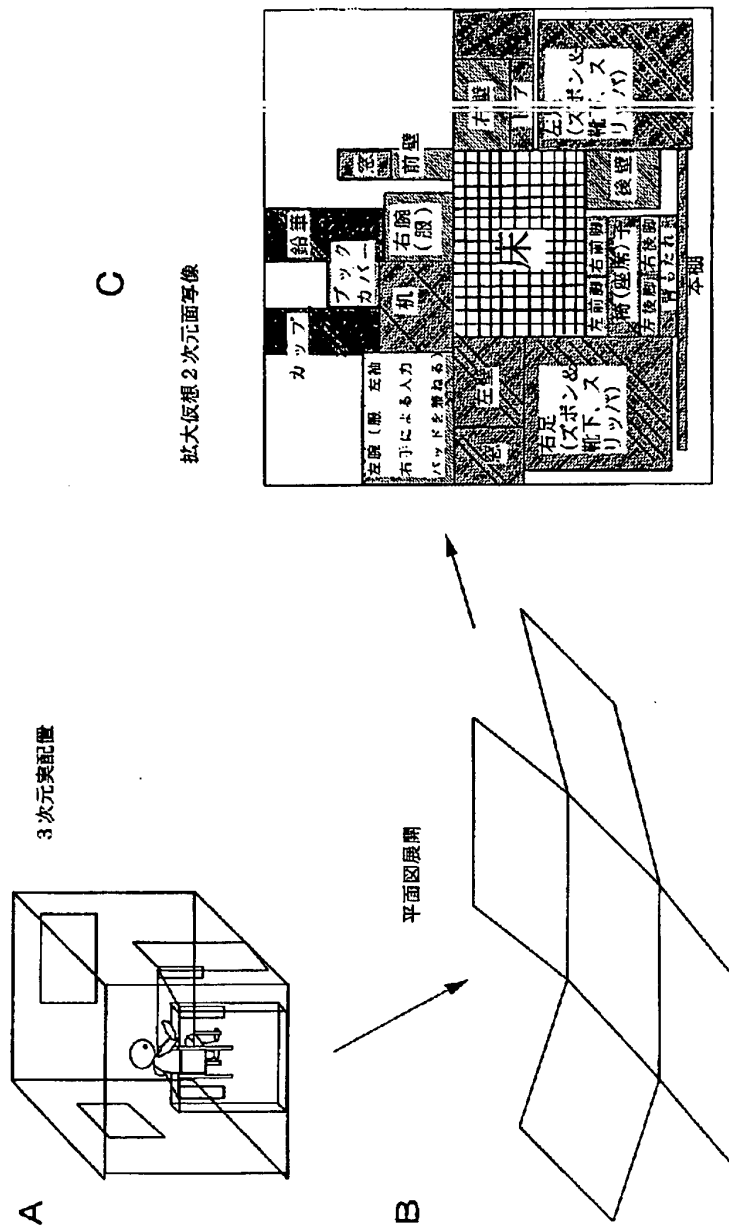
【図 38】



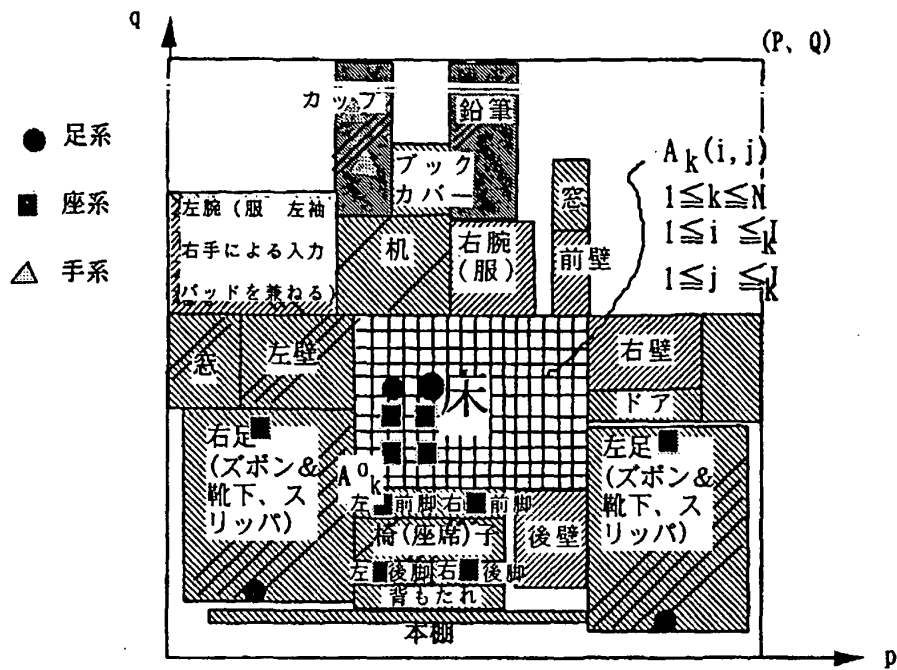
【図 39】



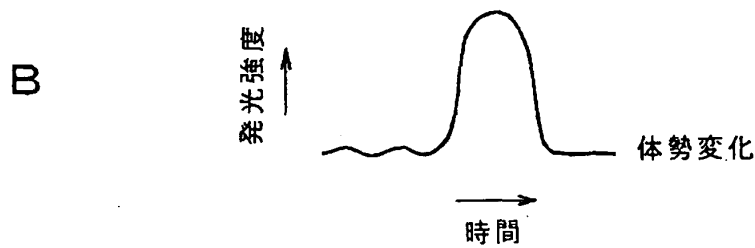
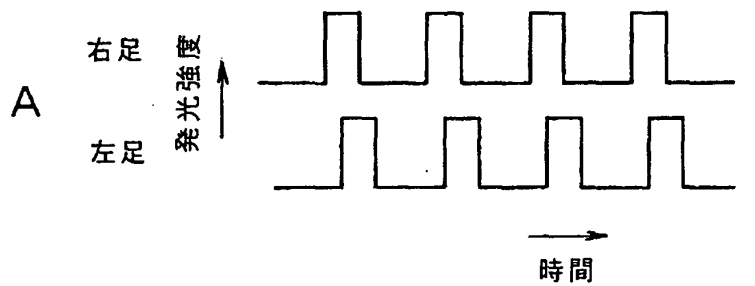
【図 40】



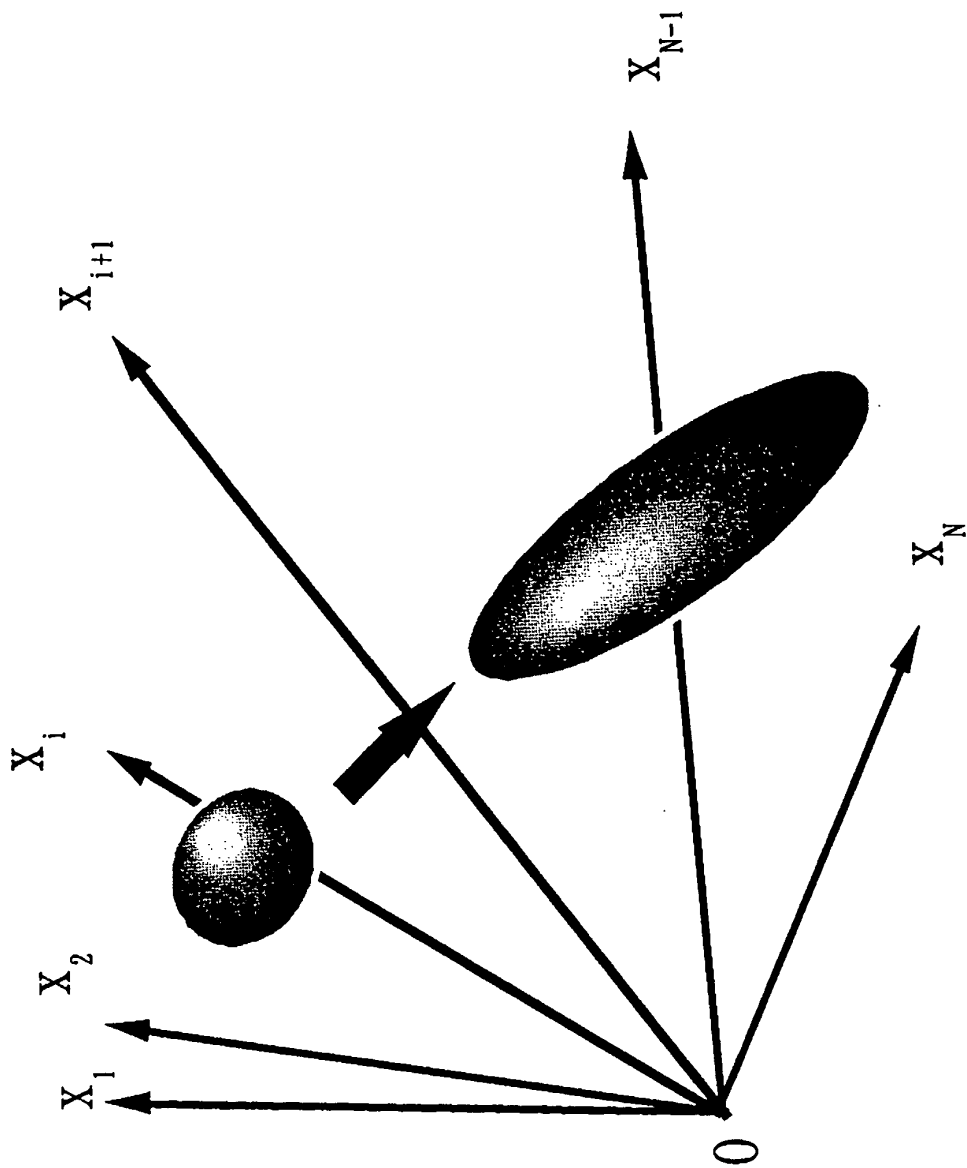
【図 4 1】



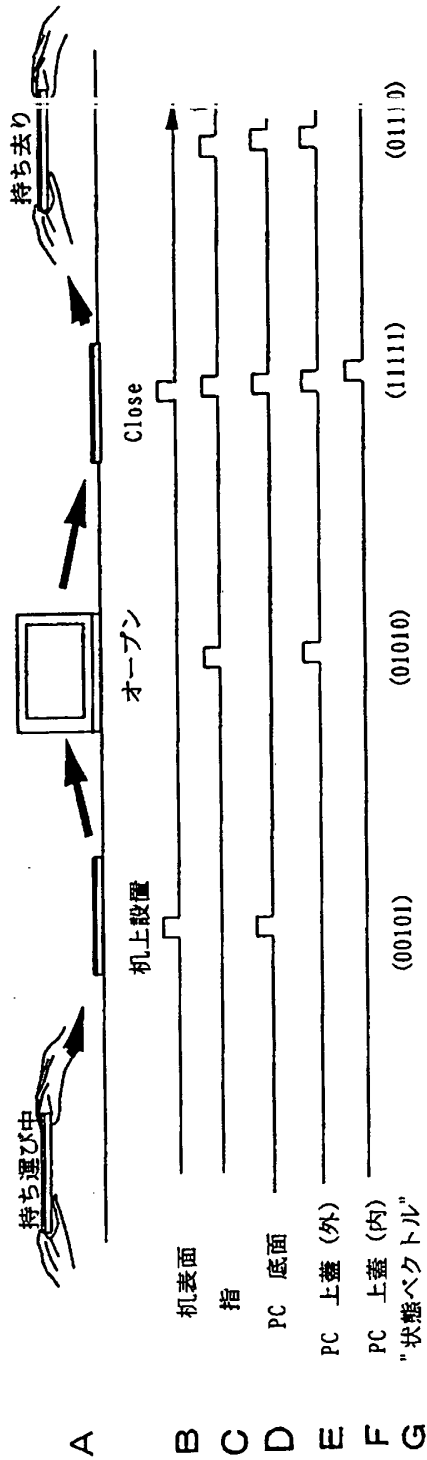
【図 4 2】



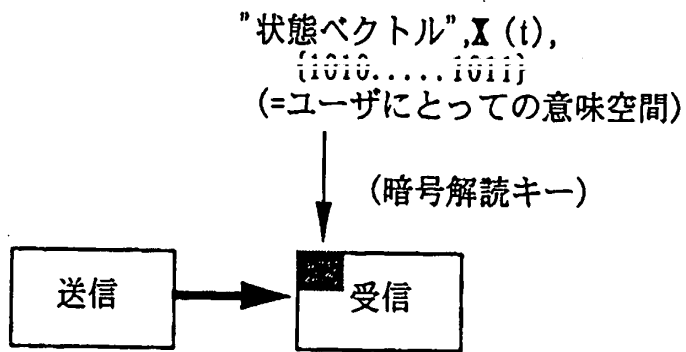
【図43】



【図 4 4】



【図 45】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フレキシブルで大面積への適用も容易な光導波路、光導波路装置、機械光学装置、検出装置、情報処理装置、入力装置、キー入力装置および繊維構造体を提供する。

【解決手段】 光ファイバー103、104を交差して結合する。交差部に応力発光材料102を含ませる。応力発光材料102は光ファイバー103、104のクラッド103a、104aに設ける。応力発光材料102としては、例えば $\text{SrAl}_2\text{O}_4:\text{Eu}$ とポリエステルとの複合材料を用いる。これらの光ファイバー103、104により、キー入力装置などを構成する。

【選択図】 図31

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社